

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ПАРОАТМОСФЕРНОЙ МАШИНЫ И. И. ПОЛЗУНОВА

К. С. Нечаев¹, С. А. Коростелев², Д. П. Бокин³

^{1, 2} *Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул*

³ *Алтайский государственный аграрный университет*

И.И. Ползуновым впервые воплощена идея суммирования работы нескольких (в данном случае двух) цилиндров, исключения холостого хода.

В отличие от паровых машин Вустера, Севери, Папена, Ньюкомена-Коули, Леупольда, Тривальда, Поттера, Хелла и других пароатмосферный двигатель И. И. Ползунова мог быть отсоединен от приводимого им в действие агрегата, т. к. он не заимствует усилий от последнего, машина производила работу непрерывно.

Пароатмосферный двигатель И. И. Ползунова мог приводить в движение орудия непрерывного действия, т. к. две ветви цепей у Ползунова могли приводить в движение орудие в двух противоположных направлениях. Двигатель И. И. Ползунова «не стесняя свободы при выборе направления движения приводимых агрегатов» за счет применения шкивов и цепей, не ограничивал величины хода движения приводимого агрегата. За счет подбора передаточных отношений зубчатых шкивов при одной величине хода поршня обеспечивал различную величину ходов приводимых агрегатов. При этом можно было выбрать различные формы движения приводимых агрегатов.

Отдельного внимания заслуживает разработка и применение И. И. Ползуновым первого автоматического устройства для управления промышленным агрегатом – пароатмосферной машиной с орудием.

Двигатель И. И. Ползунова позволял осуществлять групповой привод ряда машинорудий.

Конструкция двигателя И. И. Ползунова не являлась результатом озарения автора или прямого заимствования, а результатом изучения предшествующего опыта, известных работ по теплотехнике, собственных исследований парообразования в котлах. Свидетельством тому являются выявленные оригинальность технического решения, новизна конструкции, существенные отличия и эффективность решения, определяющие его на момент создания как изобретение.

Как и все изобретатели паровых машин И.И. Ползунов использовал предшествующий опыт. Проведенный нами критериальный анализ ключевых решений, представленных в таблице 1, показывает, что по оригинальности технических решений следует выделить конструкции Д. Папена (применение поршня и поршневого клапана), Т. Ньюкомена (использование балансиров), И. И. Ползунова (суммирование энергии, автоматика, отсоединение двигателя от орудия). Эти же машины выделяются новизной конструкций. Следует обратить внимание на существенные отличия: отход Д. Папена от вытеснения водой и его предложения по конструкции – указатели уровня подъема поршня, автоматический клапан сброса давления пара; сочетание известных механизмов с целью получения нового явления Т. Ньюкоменом; объединение работы двух цилиндров на один вал И. И. Ползуновым, что привело к автоматизированному получению непрерывного потока энергии на одном валу. Эффективность решения была достигнута впрыском воды в цилиндр Ньюкоменом, исключением холостого хода И. И. Ползуновым.

Развитие производственных отношений привело к тому, что обеспеченность материалами была наивысшей у И. И. Ползунова. Обеспеченность технологиями, ввиду отставания России в развитии металлообрабатывающих отраслей была наивысшей у Ньюкомена (все детали были изготовлены в Англии), Я. Леупольд и Тривальд использовали опыт развития технологий в Англии и Австрии и детали для их машин изготавливались в этих странах. Все детали машины И. И. Ползунова были изготовлены в России, в Барнауле и здесь речь шла не об использовании передовых технологий, а о приспособлении существующих технологий, в том числе обработки камня. Отставали обеспеченность энергоресурсами, квалифицированной рабочей силой (И. И. Ползунов сам обучал рабочих, не имея опыта технологической обработки металлов).

ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ПАРООТМОСФЕРНОЙ МАШИНЫ И. И. ПОЛЗУНОВА

Что касается обеспеченности научной базой, то следует справедливым считать всю эволюцию создания паровых машин зеркальным отражением развития естествознания и техники. К моменту создания паровой машины И. И. Ползунова приборная база имела достаточное развитие, и она возросла с развитием естествознания. Однако следует сказать о том, что некоторые изобретатели выступали как механики и не занимались исследованиями, например, Леупольд, Тривальд.

Методами расчетов пользовались большинство из создателей паровых машин и методы расчетов совершенствовались. Однако, например, Тривальд во многом скопировал конструкцию Ньюкомена и методом подобию пришел к выводу об увеличении мощности за счет увеличения конструктивных параметров: диаметра и хода поршня.

Подобным образом анализировались технико-экономические параметры паровых машин. Здесь появились трудности, заключающиеся в том, что появилась невозможность определения удельного расхода топлива. Логически было решено, что на каждой новой ступени КПД двигателей возрастал, т. к. иначе незачем было бы создавать следующие технические решения. В литературе же есть упоминания о том, что, например, для работы двигателя Ньюкомена необходима была непрерывная подвозка угля на трех подводах. Какова была калорийность угля, в каких массах он загружался на подводы, какова периодичность их загрузки у печи котла осталось нераскрытым.

Универсальность и автономность машин была определена, исходя из описаний в источниках.

Сложным оказался вопрос по определению удельной массы. Здесь было сделано допущение о том, что на единицу работы масса машин уменьшилась. При этом рассматривалась машина в целом, включая топку из каменной кладки.

Таким же образом, исходя из отобранного в литературе материала, были оценены технико-технологические и эксплуатационные критерии.

Здесь было сделано допущение, что многотопливность двигателей была оценена как идентичная. Во времена создания машин не использовалось газовое топливо (в странах Англии, Германии, Австрии, Швеции, Франции и России не было месторождений природного газа), газов доменного производства (потерянная возможность), нефти и

нефтепродуктов, а использовался каменный и древесный уголь, упоминаний об использовании сланцев и торфа в литературе нет. Котлы по своим материалам и конструкции исключали использование кокса, хотя кокс был известен и распространен в доменном производстве в Европе и на Урале.

Анализ данных таблицы 1 по приведенному обобщенному критерию K , критериям минимального риска при оценке по максимумам Сэвиджа – S , минимального риска при оценке по минимумам Вальда – V , минимаксной оценке Гурвица – G (при степени риска 45 %) показал, что в порядке ранжирования все рассматриваемые исторические памятники паровых машин в порядке ранжирования от наивысшего достижения можно расставить по приоритетности в следующем порядке (по именам авторов): И. И. Ползунова, Т. Ньюкомена, Поттера, Я. Леупольда, Д. Папена, Тривальда, Т. Севери, Вустера.

Таким образом, в результате критериальной оценки технических решений паровых машин в XVII-XVIII вв. численно и доказательно установлен приоритет первой в мире пароатмосферной машины И. И. Ползунова на момент ее создания.

Показано, что данный метод может быть применен при оценке приоритетности исторических памятников техники.

Исходя из предложенной методологии установления качественных приоритетов при сравнительном анализе технических решений, по всем выше выявленным критериям оценки проведена экспертная оценка, позволившая определить их весовые значения, оценена ситуация в развитии естествознания и техники на момент создания отдельных образцов паровых машин, использован морфологический анализ, позволивший выделить особенности строения паровых машин как технических систем и обнаружить направления прогресса в их развитии.

Проведен критериальный анализ конструкций паровых машин вплоть до создания конструкции И. И. Ползунова с выявлением преимуществ и недостатков, позволивший использовать в дальнейшем результаты для оценки всех рассматриваемых образцов паровых машин.

Выявлены технические приоритеты в элементах конструкции пароатмосферной машины И. И. Ползунова, доказывающие не только изобретательский уровень, но и научный уровень развития теплотехники.

Показана приоритетность конструкции ва по сравнению с ранее созданными в мире. пароатмосферного двигателя И. И. Ползуно-

Таблица 1 – Оценка и сравнение технических решений паровых машин до появления конструкции И. И. Ползунова

№ п/п	Технические решения паровых машин	Критерии уровня технического решения				
		Оригинально-сти решения К _{ТР}	Новизна конструктивного решения К _{НИ}	Существенных отличий К _{СО}	Эффективности решения К _{ПЭ}	Обобщенный приведенный К _{ИУ}
1	2	3	4	5	6	7
1	Паровой водоподъемник Вустера (патент Англии 1660 г.)	<u>4</u> 3,68	<u>4</u> 3,92	<u>2</u> 2,00	<u>1</u> 0,95	2,288
2	Паровой водоподъемник Томаса Севери (патент Англии 1698 г.)	<u>5</u> 4,60	<u>5</u> 4,90	<u>5</u> 5,00	<u>2</u> 1,90	3,825
3	Комбинированная установка с паровым двигателем Дени Папена (Франция, 1707 г.)	<u>6</u> 5,52	<u>6</u> 5,88	<u>7</u> 7,00	<u>5</u> 4,75	5,732
4	Паровая водоподъемная установка Томаса Ньюкомена (Англия, 1705 г.)	<u>7</u> 6,44	<u>7</u> 6,86	<u>6</u> 6,00	<u>7</u> 6,65	6,479
5	Паровая насосная установка Якоба Леупольда (1724 г.)	<u>3</u> 2,76	<u>3</u> 2,94	<u>4</u> 4,00	<u>6</u> 5,70	3,688
6	Паровая насосная установка Тривальда (Швеция, 1728 г.)	<u>2</u> 1,84	<u>1</u> 0,98	<u>1</u> 1,00	<u>3</u> 2,85	1,506
7	Водоподъемная паровая установка Поттера (Англия)	<u>1</u> 0,92	<u>2</u> 1,96	<u>3</u> 3,00	<u>4</u> 3,80	2,129
8	Универсальный пароатмосферный двигатель И. И. Ползунова (Россия, 1763 г.)	<u>8</u> 7,36	<u>8</u> 7,84	<u>8</u> 8,00	<u>8</u> 7,60	7,701

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Критерии готовности производства					Критерии готовности научной базы				
	Обеспеченность материалами П _{ОМ}	Обеспеченность технологиями П _{ОТ}	Обеспеченность энергоресурсами П _{ЭР}	Обеспеченность квалификацией П _К	Обобщенный критерий П _П	Готовность базовых наук М _{ОН}	Обеспеченность приборами М _{ПБ}	Обеспеченность методами расчетов М _{ТР}	Обеспеченность методами испытаний М _{ИИ}	Обобщенный приведенный М _{ПН}
1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	<u>1</u> 0,80	<u>1</u> 0,85	<u>7</u> 5,25	<u>1</u> 0,63	1,674	<u>1</u> 0,80	<u>1</u> 0,63	<u>1</u> 0,85	<u>1</u> 0,80	1,289
2	<u>2</u> 1,60	<u>2</u> 1,70	<u>6</u> 4,50	<u>2</u> 1,26	2,753	<u>2</u> 1,60	<u>2</u> 1,26	<u>2</u> 1,70	<u>2</u> 1,60	2,264
3	<u>3</u> 2,40	<u>3</u> 2,59	<u>5</u> 3,75	<u>3</u> 1,89	3,843	<u>3</u> 2,40	<u>5</u> 3,15	<u>3</u> 2,55	<u>4</u> 3,20	3,459
4	<u>4</u> 3,20	<u>8</u> 6,80	<u>8</u> 6,00	<u>8</u> 5,04	5,729	<u>4</u> 3,20	<u>7</u> 4,41	<u>6</u> 5,10	<u>8</u> 6,40	5,337
5	<u>5</u> 4,00	<u>7</u> 5,96	<u>2</u> 1,50	<u>7</u> 4,41	3,615	<u>5</u> 4,00	<u>3</u> 1,89	<u>7</u> 5,95	<u>5</u> 4,00	3,631
6	<u>6</u> 4,80	<u>5</u> 4,25	<u>1</u> 0,75	<u>6</u> 3,78	2,038	<u>6</u> 4,80	<u>4</u> 2,52	<u>4</u> 3,40	<u>3</u> 2,40	2,356
7	<u>7</u> 5,60	<u>6</u> 5,10	<u>3</u> 2,25	<u>5</u> 3,15	2,834	<u>7</u> 5,60	<u>6</u> 3,78	<u>5</u> 4,25	<u>6</u> 4,80	3,321
8	<u>8</u> 6,40	<u>4</u> 3,40	<u>4</u> 3,00	<u>4</u> 2,52	5,252	<u>8</u> 6,40	<u>8</u> 5,04	<u>8</u> 6,80	<u>7</u> 5,60	5,466

**ВЫЯВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ПАРОАТМОСФЕРНОЙ
МАШИНЫ И. И. ПОЛЗУНОВА**

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Технико-экономические критерии					Технико-технологические критерии				
	Экономичности по расходу топлива $T_{\text{э}}$	Универсальности $T_{\text{у}}$	Автономности $T_{\text{а}}$	Удельной массы $T_{\text{м}}$	Обобщенный приведенный $T_{\text{тэ}}$	Технологичности изготовления $C_{\text{т}}$	Материалоемкости $C_{\text{м}}$	Трудоемкости изго- товления $C_{\text{тп}}$	Энергоемкости изготовления $C_{\text{э}}$	Обобщенный приве- денный $C_{\text{тт}}$
1	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	$\frac{1}{0,95}$	$\frac{1}{0,85}$	$\frac{1}{0,90}$	$\frac{1}{0,60}$	1,149	$\frac{1}{0,55}$	$\frac{4}{2,00}$	$\frac{2}{1,04}$	$\frac{8}{3,20}$	1,192
2	$\frac{2}{1,80}$	$\frac{7}{5,96}$	$\frac{2}{1,80}$	$\frac{2}{1,20}$	2,253	$\frac{2}{1,10}$	$\frac{5}{2,50}$	$\frac{3}{1,56}$	$\frac{7}{2,80}$	2,169
3	$\frac{3}{2,40}$	$\frac{6}{2,59}$	$\frac{3}{3,75}$	$\frac{3}{1,89}$	3,309	$\frac{3}{1,65}$	$\frac{3}{1,50}$	$\frac{1}{0,52}$	$\frac{4}{1,60}$	2,756
4	$\frac{4}{3,20}$	$\frac{5}{6,80}$	$\frac{4}{6,00}$	$\frac{4}{5,04}$	4,781	$\frac{4}{2,20}$	$\frac{6}{3,00}$	$\frac{7}{3,64}$	$\frac{5}{2,00}$	4,243
5	$\frac{5}{4,75}$	$\frac{2}{1,70}$	$\frac{5}{4,50}$	$\frac{5}{3,00}$	3,526	$\frac{5}{2,75}$	$\frac{2}{1,00}$	$\frac{8}{4,16}$	$\frac{1}{0,40}$	3,170
6	$\frac{6}{5,70}$	$\frac{3}{2,55}$	$\frac{6}{5,40}$	$\frac{6}{3,60}$	2,706	$\frac{6}{3,30}$	$\frac{1}{0,50}$	$\frac{5}{2,60}$	$\frac{3}{1,20}$	2,407
7	$\frac{7}{6,65}$	$\frac{4}{3,40}$	$\frac{7}{6,30}$	$\frac{7}{4,20}$	3,668	$\frac{8}{4,40}$	$\frac{7}{3,50}$	$\frac{4}{2,08}$	$\frac{2}{0,80}$	3,327
8	$\frac{8}{7,60}$	$\frac{8}{6,80}$	$\frac{8}{7,20}$	$\frac{8}{4,80}$	5,708	$\frac{7}{3,85}$	$\frac{8}{4,00}$	$\frac{6}{3,12}$	$\frac{6}{2,40}$	4,671

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Критерии суммарной оценки								
	Всесезонности использования Эвс	Многооп- ливности Эмт	Сложности обслуживания Эсо	Безопасности эксплуатации Эбэ	Обобщенный $K_{\text{о}}$	Сэвиджа S	Вальда V	Гурвица G	
1	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	$\frac{1}{0,57}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{1}{0,55}$	$\frac{1}{0,70}$	1,046	3,92	0,55	2,02	
2	$\frac{2}{1,14}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{2}{1,10}$	$\frac{3}{2,10}$	1,910	5,95	1,10	3,17	
3	$\frac{3}{1,71}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{6}{3,30}$	$\frac{2}{1,40}$	2,442	7,00	0,52	3,38	
4	$\frac{4}{2,28}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{7}{3,85}$	$\frac{4}{2,80}$	3,668**	6,86	2,20	4,09	
5	$\frac{5}{2,85}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{5}{2,75}$	$\frac{5}{3,50}$	2,903	5,96	1,00	3,13	
6	$\frac{6}{3,42}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{4}{2,20}$	$\frac{6}{4,20}$	2,311	5,70**	0,50	2,79	
7	$\frac{7}{3,99}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{3}{1,65}$	$\frac{7}{4,90}$	3,029***	6,65	0,80	3,35	
8	$\frac{8}{4,56}$	$\frac{1}{0,40}$	$\frac{8}{4,40}$	$\frac{8}{5,60}$	4,233*	8,00	2,40	4,68	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конфедератов, И. Я. Универсальный паровой двигатель – великое русское изобретение / И. Я. Конфедератов. – М. : Знание, 1951. – 24 с.

2. Конфедератов, И. Я. Формирование истории и техники как научной дисциплины / И. Я. Конфедератов // Вопросы истории естествознания и техники. – 1975. – 1/50/. – С. 19-25.

3. Конфедератов, И. Я. Иван Иванович Ползунов / И. Я. Конфедератов. – М.; Л. : Госэнергоиздат, 1951. – 296 с.
4. Конфедератов, И. Я. История теплотехники / И. Я. Конфедератов. – М. : Наука, 1954. – 412 с.
5. Кривова, Ю. А. Модели пароатмосферной машины И. И. Ползунова из собрания Алтайского государственного краеведческого музея / Ю. А. Кривова // Ползуновский альманах. – 2005. – № 3. – С. 121-124.