

ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

П. М. АЛАБУЖЕВ

Один из способов обработки материалов—удар использовался человеком еще в глубокой древности. Проф. С. В. Порецкий во введении в курс кузнечного дела [22] дает краткую историю кузнечного дела от первобытного человека до наших дней. В своей обширной монографии по удару *Jules Marey* [37] показывает использование людьми простейших ударных инструментов: камня, кости, мотыги, палицы, молотка для повседневных работ; тарана для разбивки неприятельских стен; различных форм бабы для забивки свай, копров для получения большой ударной силы и ряд других машин ударного действия. Г. В. Родионов дает достаточно подробный исторический обзор развития машин ударного действия [24] и в порядке обсуждения ставит вопрос о их классификации, он пишет: „Выбранные для классификации основные признаки отражают наиболее существенные технологические и основные принципиальные конструктивные особенности той или иной машины“ [25, стр. 72]. С этим нельзя не согласиться. Проф. Э. А. Сатель отмечает, что „развитие современных машин характеризуется все более растущей тенденцией заменять механические связи между отдельными частями машины другими видами связи, в первую очередь электрическими, а также гидравлическими и пневматическими“ [26, стр. 36].

В настоящее время машины ударного действия типа молотов и молотков по характеру рабочего процесса и по своей динамике разделяются на механические, паровоздушные, пневматические и электрические. Механизированный ударный инструмент [27] или точнее машины-орудия [24] создавались главным образом на основе использования энергии сжатого воздуха. Высокая стоимость пневматической энергии и ограниченные возможности ее широкого применения направили мысль изобретателей и конструкторов на создание электрических машин ударного действия, область применения которых может быть исключительно широкой и разнообразной (работы по металлу, камню, бетону, дереву).

Основными принципами в разработке электрических машин ударного действия являются принцип соленоида и электромеханический. По первому принципу внутри соленоида движется одна деталь—железный боек, получающий возвратно-поступательное движение за счет электромагнитных сил. Имеются предпосылки для создания простой, компактной и экономической машины ударного действия. В этом направлении работали Я. С. Ямпольский [36], А. И. Москвитин [21], К. Н. Шмаргунов [33], М. М. Таращанский [29], Г. И. Штурман [34]. Промышленного образца ударных машин, работающих по принципу соленоида, еще нет, так как имеется ряд затруднений, которые в настоящее время не преодолены; такими затруднениями являются: сложность и высокая стоимость дополнительного оборудования, быстрое подгорание контактов переключателя, значительный нагрев молотка и низкий общий к. п. д. машины, сложность теории электродинамических процессов и трудность расчета. Электромеханическими молотками называются машины ударного действия, в которых энергия от вращающегося электродвигателя через

ту или иную систему передач (связей) преобразуется в энергию бойка, совершающего возвратно-поступательное движение. Здесь мы имеем хорошо разработанный теоретически и осуществленный практически электродвигатель с относительно высоким к. п. д. с возможностью регулирования числа ударов бойка.

Нужно отметить здесь сложность и разнообразие передач энергии от электродвигателя к бойку. В развитии данного направления работали советские ученые и изобретатели К. Н. Шмаргунов [33], Б. В. Суднишников [28], П. С. Кучеров [17—18], Н. М. Батуев [7, 8].

Электрические отбойные молотки представляют чрезвычайно большой практический интерес не только для горной промышленности, но и для целого ряда других отраслей народного хозяйства. Этим определяется необходимость всестороннего теоретического их исследования, чему в литературе не уделено должного внимания, — пишет член-корреспондент АН УССР П. С. Кучеров [18, стр. 66].

Электромеханические молотки с точки зрения использования энергии являются более экономичными, чем пневматические. По данным акад. А. М. Терпигорева „стоимость электроэнергии на единицу добытой продукции в 3—4 раза меньше пневматической энергии“ [30, стр. 21]. Но и электромеханические ручные молотки имеют ряд существенных недостатков, а именно: малую работу удара (порядка 1 кг/м), большой вес (до 15 кг), значительный нагрев и быстрый износ стальных пружин. Кроме того, электрические молотки нельзя применять на внекатегорных шахтах по газу. Пружинные электромолотки КНШ были предложены К. Н. Шмаргуновым и серийно выпускались ТЭМЗ. „Однако тяжелые условия работы ударной пружины электрических молотков КНШ и недостаточная их производительность по сравнению с пневматическими молотками явились главными причинами прекращения производства этих электрических молотков“ [7, стр. 11].

В горной промышленности остро ощущается потребность в удовлетворительной конструкции электроотбойного молотка и перфоратора. Поломки и быстрый износ стальных пружин приводят конструктора к попыткам использовать в качестве упругого материала воздух. „Воздушная пружина“ является идеальной (не ломающейся) „деталью“. Отсутствие „поломок“ делает электропневматические молотки более надежными в работе, но здесь же нужно отметить, что к. п. д. у воздушной „пружины“ более низкий, чем у стальной пружины. Кроме того, необходима более точная обработка деталей, что несколько удорожает изготовление молотка. Наконец, если осуществление самой „воздушной пружины“ не представляет особых затруднений, то расчет упругой нелинейной (воздушной) связи представляет для конструктора значительные трудности, и чаще всего задача решается эмпирически.

В данной работе мы рассматриваем машины ударного действия с кривошипно-шатунной передачей, как наиболее надежной и имеющей высокий к. п. д. (порядка $\approx 95\%$). По характеру же упругой связи между поршнем и бойком мы рассматриваем:

1) машины ударного действия с односторонней воздушной связью или молотки с воздушно-вакуумным механизмом по классификации Н. М. Батуева [7, стр. 12]. Сюда следует отнести конструкции кузнечных молотов простого действия Арнса, Массей, электропневматических молотков Бернера, Григорьева, „Файна“;

2) машины ударного действия с двухсторонней воздушной связью, молотки с воздушным ударным механизмом [7, стр. 12]. Сюда относятся конструкции кузнечных молотов двойного действия типа Беше, электропневматические молотки Малеева и КНШ;

3) машины ударного действия с комбинированной связью между бойком и поршнем воздушно-пневматический ударный механизм [7, стр. 14]. Сюда

относятся машины ударного действия типа „Блек и Деккер“ и типа ОМБ. В работе мы рассматриваем не только машины „лилипуты“, но и машины „великаны“ поскольку в ряде случаев принципиальная схема их одна и та же, а отличие лишь в назначении и в конструктивном оформлении машины. Несмотря на специфику и особенности, в известной мере существует преемственность и связь в методах исследования и расчетах этих машин (хотя бы и в первом приближении). Кроме того, нам хотелось сопоставить значения некоторых величин (например, работу удельной машины ударного действия с площадью в 1 см^2).

Рассмотрим несколько подробнее схемы и конструкции электропневматических машин ударного действия.

Машины ударного действия с односторонней воздушной связью между поршнем и бойком

В книге инж. В. А. Кельдюшева [15, стр. 111] приведена схема пневматического одноцилиндрового молота одностороннего действия воздушной связи (молота Арнса). Как видно из рис. 1а, от двигателя через кривошипно-шатунный механизм (1—2), поршень 4, перемещающийся в неподвижном цилиндре, производит сжатие и разряжение воздуха в пространстве 5, благодаря чему баба молотка в виде второго поршня 3, то отжимается вниз, то всасывается вверх. Кран 7 служит для регулирования силы удара молота по паковке (инструменту) 6. Через кран поступает воздух из атмосферы для компенсации утечек из цилиндра. Из приведенной схемы ясен принцип работы молотков данной группы.

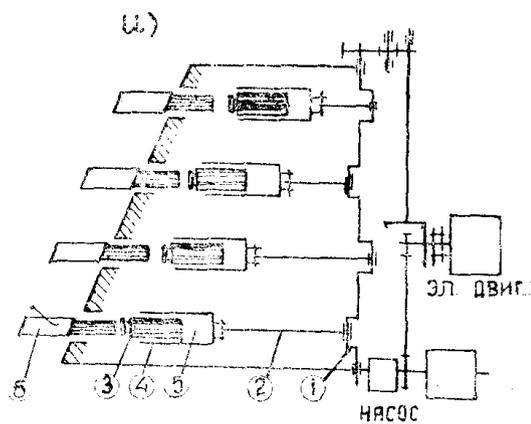
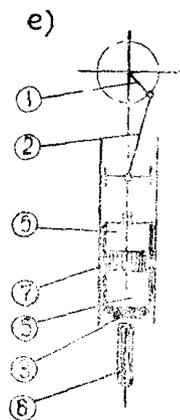
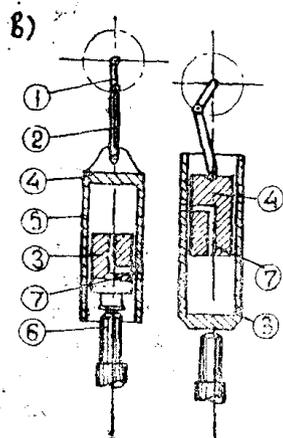
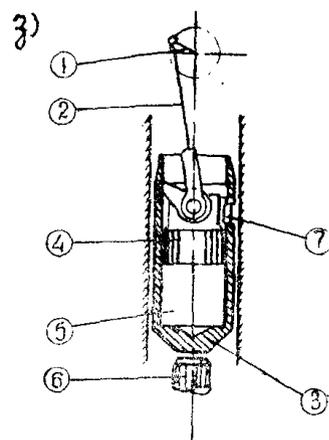
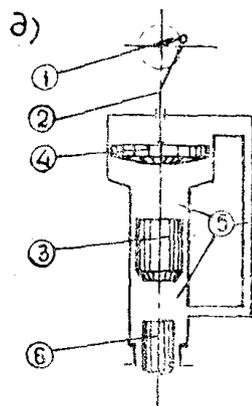
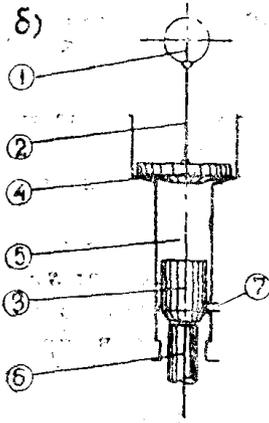
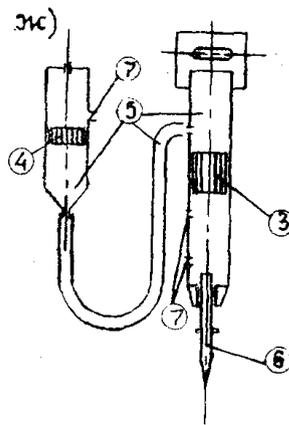
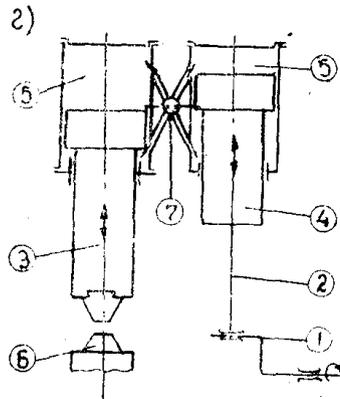
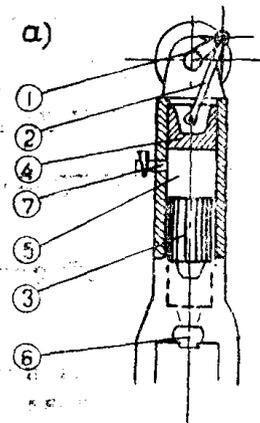
В литературе по компрессорам [19] при выборе параметров рекомендуется, с точки зрения наилучшего объема цилиндра, соотношение: $s_n:D=1$. При рассмотрении справочного материала по компрессорам оказалось, что изменение хода поршня от диаметра цилиндра находится в пределах $\frac{s_n}{D} = 0,5 \div 2,0$ [19, стр. 396].

Знание абсолютного значения энергии удара еще недостаточно для суждений о степени эффективности данного молота. Необходимо знать, за счет чего приобретена энергия: за счет увеличения массы бабы или за счет увеличения ее скорости. При различных значениях энергии удара в известной мере обобщенным показателем с точки зрения эффективности удара является удельный вес ударной части Q_6 , приходящийся на единицу хода

s , то есть $k_{эф} = \frac{Q_6}{s}$. Более высокое значение показателя $k_{эф}$ является бо-

лее выгодным с точки зрения эффективности самого удара, так как повышение скорости движения бабы в ряде случаев связано с нежелательными разрушениями и потерями на деформации. Это особенно имеет место, как указывает И. И. Валуцкий, при забивке железобетонных свай [10, стр. 131].

Схема электропневматического молотка одностороннего действия, представленная на рис. 1б, сохраняет основные черты и принцип работы описанного выше молота. Для случая, когда диаметр поршня 4 равен диаметру бойка 3, при наличии цилиндра с двойными стенками мы имеем конструкцию молотка типа ЗЭРТ („за электрификацию ручного труда“), предложенного инженерами Э. А. Бернером и Н. И. Жадаевым. Молоток работает следующим образом. Электродвигатель через редуктор посредством кривошипа 1 и шатуна 2 приводит в возвратно-поступательное движение поршень 4. При движении поршня вверх между ним и бойком 3 создается разрежение, и избыточным давлением воздуха боек перемещается тоже вверх. При ходе поршня вниз начинается сжатие воздуха, боек меняет направле-



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

1-КРИВОШИП
2-ШАТУН
3-БОЕК
4-ПОРШЕНЬ

5-ВОЗДУШНАЯ ПОДУШКА
6-ИНСТРУМЕНТ
7-КОМПЕНСАЦ. ОТВЕРСТИЕ

ние движения и в конце своего хода, приобретая некоторую скорость, наносит удар по инструменту 6. Для сохранения устойчивой работы в момент удара происходит соприкосновение воздуха, находящегося в цилиндре молотка с атмосферным воздухом через специальные компенсационные отверстия 7, которые и являются особенностью конструкции. Молоток выключается (переходит на холостой ход) при прекращении нажатия на инструмент. Несмотря на выполненные многочисленные конструкции электромолотков типа ЗЭРТ, пока не удалось разрешить вопроса постоянства динамического режима их ударного механизма. При продолжительной работе нагрев воздушной подушки (и картерного воздуха) не позволяет создать необходимого разрежения и наполнения. Доводка конструкции электромолотков этого типа продолжается для возможности их устойчивой работы по породам, обладающим различными физико-механическими свойствами. Теоретическое и экспериментальное исследование отдельных вопросов, касающихся работы электропневматических молотков этой схемы, освещено в наших работах [1—5].

Конструкторы ощупью выбирают значения параметров, порядок которых мало отличается от значений:

$$\begin{array}{lll}
 R = 3 \text{ см}, & Q_0 = 0,8 - 1,0 \text{ кг}, & A_0 = 2 \text{ кг/м}, \\
 l_0 = 6 \text{ см}, & q = 40 \text{ гр/см}^2, & Z = 900 \text{ уд. мин.}, \\
 D = 5 \text{ см}, & Q_m = 14 \text{ кг}, & N = 0,8 \text{ квт.} \\
 L = 10 \text{ см}, & &
 \end{array}$$

Схема воздушно-вакуумного молотка (ОМГ)

Заводом „Пневматика“ разработана конструкция электромолотка с воздушно-вакуумным ударным механизмом, предложенная инж. Л. Я. Григорьевым. Эта конструкция лишена некоторых недостатков молотков типа ЗЭРТ, например, нестабильности работы из-за нарушения компенсации. Как видно из рис. 16, по схеме ОМГ возможно осуществление двух типов конструкций: 1) когда поршнем 4, связанным с шатунно-кривошипным механизмом, является цилиндр молотка, внутри которого благодаря имеющейся воздушной связи 5, движется боек 3, наносящий удары по инструменту 6; 2) когда бойком 3 является цилиндр, связанный через воздух с поршнем 4 шатунно-кривошипного механизма. В конструкции молотка типа ОМГ воздух между бойком и поршнем может частично заменяться свежим воздухом через особые отверстия 7 в поршне и бойке.

Изготовленный ВУГИ электрический молоток ОМГ по данным автора (Л. Я. Григорьева) имеет работу единичного удара $A_0 = 4 \text{ кгм}$ и частоту ударов $z = 1250 \text{ уд/мин}$ [21, стр. 14] при весе молотка $Q_m = 10,5 \text{ кг}$. Молоток выдержал испытания и апробирован в лесной промышленности для обрубки сучьев (диаметром до 12 см) на сваленных деревьях. По данным С. А. Брюхова [9], работа единичного удара $A_0 = 2 \text{ кг/м}$; число ударов $z = 2000$; легкий вес молотка $Q_m = 5,8 \text{ кг}$ получен за счет выноса электродвигателя отдельно от молотка. Мощность электродвигателя $N = 1 \text{ квт}$, при частоте тока 200 герц и напряжении 220 вольт.

Принцип выноса электродвигателя отдельно от молотка и связи его с молотком при помощи гибкого вала был применен в конструкциях инж. Н. И. Комарова, выпущенных в виде моделей К—1, К—2, К—3 с пружинно-кинематическим ударным механизмом, с винтовым взводом, $A_{эф} = 2,25 \text{ км}$, $z = 950 \text{ уд/мин}$. Электромолотки типа „К“ оказались бесперспективными конструкциями вследствие недостаточности упругого звена, ненадежности в работе и большого веса конструкции в целом ($Q_m = 15,5 \text{ кг}$). Подробное

описание работы молотка Комарова изложено в работе М. М. Протодяконова [23].

Электропневматические ударные машины двухстороннего действия воздушной связи

Стремление применять повышенные давления воздуха при меньшей площади цилиндра (и бойка) привело конструктора к мысли использовать в электропневматических машинах ударного действия с индивидуальным приводом принцип двойного действия, применяемый в паровых молотах. К группе молотов, имеющих индивидуальный электрический привод, относятся известные молоты двойного действия типа Беше и ряда марок отечественного производства, данные о которых приведены в литературе [13, 15, 35]. Схема молота двойного действия представлена на рис. 1 г. Оба цилиндра, компрессор и рабочий, соединены воздушными каналами. В первом цилиндре ходит поршень 4, соединенный с кривошипно-шатунным механизмом, движущимся через системы передач от электромотора. Давление воздуха, создаваемое в цилиндре работой поршня 4, действует через золотники и соединительные каналы на нижнюю и верхнюю поверхности поршня бабы молота 3. Конструкция с двумя кранами дает возможность применять короткие и прямолинейные каналы, значительно уменьшающие влияние вредного пространства. Наличие кранового воздухораспределения позволяет опустить бабу на поковку с требуемой скоростью, то есть дает возможность получить любую силу удара и использовать молот данного типа для самых разнообразных работ. Во избежание повреждения крышки рабочего цилиндра предусмотрен воздушный буфер. Для уменьшения потерь энергии во время холостого хода молот снабжен специальным золотником, при открывании которого молот работает вхолостую.

Воздушный молот может быть поставлен всюду, где есть подвод электричества, и всегда он готов к работе. Непосредственный привод от электромоторов молотов этой группы является наиболее целесообразным (особенно при неполной загрузке в ночные смены). Здесь мы имеем отсутствие котельной и системы паропроводов. „Не касаясь экономических расчетов при сравнении работы паровых и воздушных молотов, следует сказать, что эксплуатационные удобства работы молотков энергией сжатого воздуха имеют решающее значение“ [14]. При наличии дешевой электрической энергии воздушные молоты являются целесообразными для малых и больших поковок, а также для перфораторов большой мощности. К.п.д. воздушного молота двойного действия наиболее распространенных моделей составляет $\approx 60\%$.

Электропневматические молотки двойного действия (с двухсторонним избыточным давлением воздуха на боек)

Стремление использовать повышенные давления воздуха при меньшем диаметре цилиндра привело конструкторов к мысли об электроударных машинах двойного действия, аналогичных пневматическим молотам двухстороннего действия воздушной связи, но с одним цилиндром. Схема конструкции молотка этого типа представлена на рис. 1 д. Г. И. Малеев [20] предложил конструкцию и расчет электропневматического молотка с двухсторонней воздушной связью (рис. 1е). Этот молоток, по данным автора, имеет работу одного удара $A_0 = 3,0 \text{ кг/м}$ при диаметре поршня $D = 3,2 \text{ см}$ и длине „воздушных пружин“ $l_1 = 3,6 \text{ см}$ и $l_2 = 5,8 \text{ см}$. Весь расчет выполнен в предположении, что процесс расширения и сжатия воздуха адиабатический и что угловая скорость мотора является величиной постоянной.

Автор известной конструкции пружинного молотка К. Н. Шмаргунов [33] в поисках более надежной конструкции молотка, обладающего более сильным ударом, предложил видоизмененный молоток КНШ-3, у которого вместо ударной стальной пружины работают воздушные пружины. Здесь воздушная подушка 5 за оба хода поршня работает только на сжатие, в результате чего, по расчету автора конструкции, должно иметь место постоянство в работе удара. Отличие этого молотка от молотка Г. Н. Малеева в конструктивном оформлении и, главным образом, в осуществлении компенсации воздуха.

Схема пульсатора (молоток Файна-Вернера)

В электромолотках Файна-Вернера [17], применяющихся, главным образом, в качестве клепальных и обрубочных, поршень 1 приводится в движение от электродвигателя, отдельно вынесенного от корпуса молотка. Как видно из схемы, представленной на рис 1ж, поршнем 4 создается в вакуумнасосе разрежение и сжатие воздуха. Пульсация воздуха при помощи гибкого шланга, соединенного с корпусом молотка, действует на боек 3, который совершает возвратно-поступательное движение, нанося удары по инструменту 6. Компенсация воздуха осуществляется через окна 7. Рабочий ход бойка совершается под действием избыточного давления сжимаемого воздуха, а обратный ход—за счет избыточного атмосферного давления вследствие образующегося в цилиндре молотка вакуума. Недостатками молотков этого типа являются сравнительно низкий к.п.д. (порядка 30%), громоздкость системы в целом, возможность применения только короткого воздушного шланга (около 2,5 м). Член-корр. АН УССР П. С. Кучеров показал [17], что и у этой конструкции имеются возможности маневренности и лучшего выбора параметров.

Молотки с комбинированной упругой связью между поршнем и бойком

В ряде заграничных конструкций применяется смешанный тип пружино-пневматической подушки. В литературе [7,21] дано описание электромолотков с пружино-вакуумным ударным механизмом, выпускаемых фирмой Блек и Деккер (США), различающихся лишь своей мощностью и весом. Ускорение бойка, имеющего, как и в молотке ОМГ, форму стакана, за время рабочего хода происходит под воздействием предварительно сжатой пружины, закрепленной одним концом на движущемся поршне, и под воздействием вакуума. Нужно сказать, что стальная пружина и здесь поставлена в неблагоприятные условия работы. При сравнительных испытаниях этих молотков с молотками советских конструкций оказалось, что общий к.п.д. молотков фирмы Блек и Деккер является весьма низким [7]. Советским инженером Н. М. Батуевым предложена оригинальная конструкция безредукторного электропневматического молотка с жесткой связью при обратном ходе. Наличие жесткой связи бойка с поршнем при обратном ходе благодаря механизму автоматического сцепления гарантирует стабильность энергии удара. В исследовании рабочего процесса и в выборе параметров молотков этой схемы мы принимали непосредственное участие [6]. Рассмотрим конструкцию безредукторного электропневматического молотка ОМ-Б (рис. 1з).

Проблема электрического отбойного молотка в конечном счете является проблемой веса конструкции в целом, проблемой прочности деталей при облегченном весе. Существующие неотбойные молотки специального назначения, например КМ 1, МПТ-5, не ограничены весом и могут быть без труда спроектированы в соответствии с требованиями заказчика. Недостат-

ками молотка типа ЗЭРТ в качестве отбойных, как уже отмечалось выше, является малая энергия удара на бойке и изменчивость цикла от условий работы. В молотках КНШ недостаточна энергия удара на бойке и часто происходят поломки стальных пружин. Для облегчения веса конструкции приходится применять быстроходные электродвигатели. При данной мощности мотора производительность молотка в большей степени зависит от энергии удара, чем от частоты ударов. Применение обычного способа редуцирования, например, путем использования зубчатой передачи для уменьшения частоты ударов относительно числа оборотов ротора электродвигателя приводит к увеличению его габаритов, то-есть к увеличению веса молотка. Н. М. Батуев предложил редуцирование без применения обычных зубчатых передач так называемый принцип пропуска ударов. Конструктивное осуществление предложенной идеи оформлено в безредукторных молотках „МЭИ“, МБ-1, МБ-2, МБ-3. В первых двух машинах имелась жесткая связь поршня 4 с бойком 3 при рабочем и обратном ходе. Эта связь в последнем случае осуществлялась при помощи специальной детали сцепления, названной „захватом“. Последний представляет собою массивное тело, эксцентрично насаженное на ось в поршне. Работа захвата основана на действии сил инерции, обусловленных движением поршня кривошипно-шатунного механизма. Заданный пропуск ударов обеспечивался путем соответствующего регулирования сцепления кинематически. Существенным недостатком первых конструкций было наличие внутренних ударов, а так как пружины не оправдали себя в конструкциях предшественников, то для устранения внутренних ударов между поршнем и бойком в качестве упругого металла используется воздух 5. В конструкциях МБ-2 и МБ-3 осуществлен новый, более совершенный рабочий процесс машины; кроме того, показана возможность использования динамического пропуска ударов. Для скорейшего успокоения бойка, а также и для того, чтобы подхватить боек из крайнего левого положения, можно или предварительно сжимать воздух между бойком и поршнем или вставлять между бойком и корпусом механизма сравнительно слабую успокоительную пружину. После рабочего удара и успокоения бойка обратный ход его осуществляется при помощи инерционного захвата. Расцепление бойка с поршнем наступит после возникновения относительного движения между ними. При этом жесткая связь между ними заменяется упругой (воздушной) связью, которая имеет место до самого момента рабочего удара.

У легких и быстроходных электродвигателей под влиянием нагрузки за один рабочий ход бойка при надлежащей производительности, определяемой работой ударного узла, происходит значительное падение угловой скорости. В случае неупругого удара и отсутствия механизма пропуска весь цикл повторяется, но с еще меньшей средней угловой скоростью, а после нескольких оборотов рабочий процесс был бы нарушен из-за слишком большого падения угловой скорости мотора. Если же исходить только из нормальной работы легкого и быстроходного электродвигателя, то получим большое число малопродуктивных ударов на бойке. В действительности существует отскок бойка, вследствие чего возможны явления внутреннего удара или „повышенного“ давления воздуха между бойком и поршнем. Следовательно, для устойчивости работы этого механизма необходимо время для успокоения бойка и для пополнения мотором и кривошипно-шатунным механизмом израсходованной энергии. Уменьшение числа рабочих ходов в сравнении с числом оборотов мотора выполняется путем пропуска сцепления поршня с бойком, который может быть осуществлен кинематически и динамически.

Автором конструкции молотка ОМБ проведены сравнительные испытания работы молотков различных конструкций [7], и по его заключению, безредукторные молотки являются наиболее прогрессивными, чем загранич-

ные конструкции, и имеют широкие возможности дальнейшего совершенствования. Нужно отметить, что эта конструкция перспективна в качестве отбойного электрического молотка и легкого электрического перфоратора¹⁾.

Угольный струг с активной кромкой

Эффективность удара используется не только в ручном механизированном инструменте при отбойке, но и в тяжелой механизации—в горных комбайнах и угольных стругах. Данный вопрос достаточно подробно освещен в работах акад. А. М. Терпигорева [30] и сборнике трудов ВУГИ [11]. В работах [31,32] отражены вопросы эффективности применения угольных стругов.

Угольный струг (У.С.) своим прототипом имеет обычный пахотный плуг, теория работы которого была дана еще акад. В. П. Горячкиным [12]. Угольный струг с простой режущей кромкой дает хорошую производительность на мягких углях. Перемещается он при помощи лебедок со скоростью 5 м/мин при глубине резания 30 см, с тяговым усилием 10—20 т. На крепких углях необходимо повышение тяговых усилий до ≈ 30 т, что в значительной мере ограничивает возможности применения угольного струга. В целях уменьшения величины тягового усилия нужно заменить режущие силы скальвающими, то есть применить активный струг, который не только должен строгать уголь, передвигаясь вдоль лавы, но и оказывать на него ударное действие (при этом возникают тяговые усилия порядка 7 т).

Отбойку угля можно осуществить применением пневматических и электрических отбойных молотков. В связи с общей тенденцией электрификации народного хозяйства и удобствами использования электроэнергии, целесообразнее в газобезопасных шахтах применять электрические молотки. Здесь имеется возможность удобного и непосредственного использования электрической энергии (без дополнительных затрат на компрессор, трубопроводы и т. п.). Кроме того, конструктор, не будучи лимитирован весом и габаритами машины имеет возможность легко обеспечить нужную энергию удара, тем более, что здесь нагрев молотка не имеет столь решающего значения, как при ручной работе, и может быть значительно снижен применением охлаждения.

На рис. 1ц изображена отбойная часть угольного струга УДС—1. Здесь „активная часть ударного струга имеет два блока с четырьмя мощными электропневматическими отбойными молотками и с 4 скальвающими массивными ножами, расположенными в вертикальной плоскости с обеих сторон струга“ [16, стр. 46]. Электропневматические молотки взяты воздушно-вакуумного типа ОМГ.

Выводы

1. Стремление создать производительный, экономичный и надежный в работе электропневматический молоток заставляет, в известной мере, обратить внимание на работу воздушных молотов с индивидуальным электрическим приводом и сопоставить значения показателей некоторых характерных величин.

2. Как видно из таблицы, составленной нами на основании литературных источников, отношение веса подвижных частей к весу неподвижных k_k у легких электропневматических молотков несколько выше, чем у тяжелых электропневматических молотов.

¹⁾ В настоящее время ведутся работы по освоению этой конструкции в качестве свайного молотка (с $A_0 = 100$ кг/м) для строительства дорог.

3. Вес подвижных частей, приходящихся на единицу площади цилиндра или на единицу их хода $S_б$, значительно больше у стационарных молотов, чем у ручных молотков.

4. У легких машин ударного действия в сравнении с тяжелыми относительно большое число ударов в минуту; большая насыщенность энергией единицы веса бойка; выше эффективная мощность удельного молотка, с площадью условного цилиндра 1 см^2 ; значительно выше удельная мощность, равная отношению энергоёмкости машины к ее металлоёмкости, вт/кг ; повышена роль воздушной связи, показателем работы которой является отношение энергии удара $A_б$ к произведению веса бойка $Q_б$ на длину его хода $S_б$.

5. Общий коэффициент полезного действия стационарных машин ударного действия значительно выше, чем у ручных электропневматических молотков. Очевидно, наряду с большой концентрацией энергии имеет место и большее рассеяние энергии при ее передаче и преобразованиях через ряд звеньев машины.

В настоящее время электропневматические машины ударного действия по своей производительности и надежности в работе еще не являются конкурентами пневматическим молоткам. Однако вопросы развития угольной и, главным образом, горно-рудной промышленности на основе применения

Таблица показателей работы электропневматических молотов и молотков

№ п/п.	Название показателя	Обозначение	Электропневматические	
			молоты	молотки
1	Показатель использования активного веса, в %	$k_m = \frac{Q_б}{Q_m} \cdot 100$	2,0 ÷ 2,5	4 ÷ 5
2	Вес ударной части на единицу хода, кг/см	$k_{эф} = \frac{Q_б}{S_б}$	2,2 ÷ 10,	0,112 ÷ 0,115
3	Вес бойка на единицу площади цилиндра, кг/см^2	$q = \frac{Q_б}{\frac{\pi D^2}{4}}$	100 ÷ 230	10 ÷ 50 ÷ 160
4	Число ударов в минуту	z	90 ÷ 200 ÷ 600	700 ÷ 1200 ÷ 1450
5	Энергия единицы веса бойка, кг.м/кг	$\frac{A_б}{Q_б}$	1,3 ÷ 3,0	2,0 ÷ 4,2
6	Эффективная мощность удельного молотка, вт/см^2	$\frac{N_{эф. уд.}}{\pi D^2 \cdot 1}$	8 ÷ 13	8 ÷ 22
7	Удельная мощность (отношение энергоёмкости к металлоёмкости), вт/кг	$\frac{N_{об}}{Q_m}$	0,7 ÷ 1,2	18 ÷ 68
8	Показатель работы воздушной связи	$k_в = \frac{A_б}{Q_б \cdot S_б}$	3 ÷ 4	21 ÷ 45
9	К. п. д. в %	$\eta = \frac{N_{эф}}{N_{об}} \cdot 100$	60 ÷ 72	25 ÷ 50

электрической энергии ставят задачу углубленного исследования работы этих машин и выявления основных связей и закономерностей, а также задачу

разработки и развития методов расчета и выбора оптимальных параметров с конечной целью создания и внедрения в промышленность экономичной, производительной, надежной в работе электрической машины ударного действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алабужев П. М. Исследование рабочего процесса электроотбойного молотка с упругой (воздушной) связью. Известия ТПИ, т. 61, в. 1, 1947.
2. Алабужев П. М., Юдин И. П. Экспериментальное исследование рабочего процесса электропневматического молотка. Труды ГГИ ЗСФАН т. 8, Новосибирск, 1950.
3. Алабужев П. М. Применение теории подобия и размерностей к исследованию (моделированию) машин ударного действия. Известия ТПИ, т. 73, 1952.
4. Алабужев П. М., Медлина Е. К., Невструев Е. Н. К методике индигирования индикаторных диаграмм электропневматических машин ударного действия. Известия ТПИ, т. 76, 1953.
5. Алабужев П. М. Некоторые итоги экспериментального исследования электрических машин ударного действия. Известия ТПИ, т. 78, 1954.
6. Алабужев П. М. Динамика и рабочий процесс безредукторного молотка с жесткой связью при обратном ходе. Известия ТПИ, т. 78, 1954.
7. Батуев Н. М. Электрические молотки, ВНИИ стройдормаш. Исследование машин и механизмов для строительных и дорожных работ 1. Машгиз, 1950.
8. Батуев Н. М. Энергетика электрических молотков и пути повышения их производительности. Исследование вибраторов и электрических молотков VI, ВНИИ стройдормаш. Машгиз, 1951.
9. Брюхов С. А. Опытные образцы новых машин и механизмов лесзаготовок. Ж. „Механизация трудоемких и тяжелых работ“ № 11, 1950.
10. Валудкий И. И. Когры и свайные молотки. Машгиз, 1950.
11. Выемка угля стругами, МУП. Бюро технической информации, вып. 24, Углетехиздат. М., 1949.
12. Горячкин В. П. Теория плуга. Промиздат, М., 1927.
13. Зимиин А. И. Расчет и конструкция кузнечных машин, ч. 1. Паровоздушные молоты. Машгиз, 1940.
14. Карабин А. И. Энергетика паровых и воздушных молотков кузницы. Укрмашгиз, Москва—Харьков, 1939.
15. Кельдюшев В. А. Пневматика, СНТИ. М., 1938.
16. Коваль П. В. Угольные струги. Сб. „Научные работы студентов“. Московский горный институт, 1952.
17. Кучеров П. С. Исследование параметров электропневматического молотка типа „Файн“. Записки института горной механики АН СССР, в. V, Киев, 1947.
18. Кучеров П. С. Теоретическое исследование и метод расчета параметров электро-механических отбойных молотков с кривошипно-шатунным приводом. Записки института горной механики АН УССР, в V, 1947.
19. Лисичкин В. Е. и Горшков Д. М. Компрессорные машины, Госсэнергоиздат, М. А., 1948.
20. Малеев Г. И. Электропневматический молоток. Ж. „Горное машиностроение“ № 4—5, 1939.
21. Москвитин А. И. Электрические машины возвратно-поступательного движения, АН СССР, М. 1950.
22. Порецкий С. В. Курс кузнечного дела, т. II, Машины кузнечного производства. ОНТИ М. А., 1935.
23. Протодьяконов М. М. Электрический отбойный молоток К-2 системы. Н. И. Комарова. МУП, бюро технической конференции, М., 1949.
24. Родионов Г. В. Машины ударного действия. Сб. „Машины ударного действия“, ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1953.
25. Родионов Г. В. О классификации машин ударного действия. Сб. „Машины ударного действия“, ЗСФАН СССР, 1953.
26. Сатель Э. А. Технический прогресс и Высшая школа. Вестник Высшей школы № 11, 1952.
27. Судакевич Д. Н., Бернадский Г. И. Справочник по механизированному ручному инструменту. Машгиз, 1954.
28. Суднишников Б. В. Некоторые вопросы теории машин ударного действия. Изд. ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1949.
29. Таращанский М. М. Экспериментальное исследование магнитофугального генератора. Сб. трудов ХЭТИ, вып. 7. Харьков, 1948.
30. Терлигорев А. М., Демидов П. Н., Протодьяконов М. М. Горные машины для выемки пластовых полезных ископаемых. М., 1949.

31. Топчиев А. В. Создание новых исполнительных органов угледобывающих машин и задачи научных исследований в этой области. Известия АН СССР, отд. техн. наук, № 1, 1953.
32. Турич А. Л. и Балинов И. М. Угольный струг УС-4 на шахтах Донбасса, Ж. "Механизация трудоемких и тяжелых работ", № 5, 1949.
33. Шмаргунов К. Н. Электрические молотки. Машгиз, 1950.
34. Штурман Г. И. Магнитофугальный синхронный генератор в приводе ударных механизмов. Сб. ХЭТИ, в. 7, 1943.
35. Энциклопедический справочник „Машиностроение“, т. 8. Машгиз, 1949.
36. Ямпольский Я. С. Магнитофугальные удары машины. Электричество № 7, 1925.
37. Jules Marey, Le Marteau Le choc Le Marteau pneumatique Etudes Experimentales de Technologie Industrielle 64e memoire, Paris.