

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОЛЕНОИДНОГО МОЛОТКА
СО СВОБОДНЫМ ВЫБЕГОМ БОЙКА**

Н. П. РЯШЕНЦЕВ, Е. М. ТИМОШЕНКО

(Представлено кафедрой горных машин и рудничного транспорта)

У соленоидного молотка [1], как и у всякой электрической машины, мощность ограничивается нагревом. Поэтому, прежде чем приступить к экспериментальному определению оптимальных параметров молотка, следует, задавшись габаритными размерами соленоида, определить допустимую величину потерь в нем.

Задачей экспериментальных исследований, таким образом, является определение таких параметров молотка, при которых с заданного габарита соленоида можно снять наибольшую полезную мощность при допустимой величине перегрева обмотки.

При заданных габаритах соленоида, не изменяя корпусной части молотка и тем самым не изменяя поверхности охлаждения, есть возможность изменять следующие параметры молотка: а) диаметр обмоточного провода и число витков, добиваясь наилучшего использования окна катушки; б) массу бойка за счет изменения его длины и диаметра; в) угол наклона полюсов; г) жесткость пружины; д) величины хода бойка до патрона и пружины.

Сравнение различных вариантов исполнения соленоида удобно производить по двум основным показателям, характеризующим работу молотка, — по потребляемой и полезной мощности, дающих возможность определить к. п. д. и удельную мощность на единицу веса молотка. Поэтому, если не задаваться целью изучения электромеханических переходных процессов, производить осциллографирование рабочего процесса не следует. Целесообразно определять только скорость бойка перед моментом удара наиболее простым и надежным методом. К такому методу относится определение скорости бойка перед ударом с помощью контактного датчика, так как он прост по конструкции, удобен и надежен в эксплуатации, оказывает меньшее влияние на режим работы молотка по сравнению с другими датчиками (потенциометрическим, индуктивным) и позволяет производить опыты в условиях, близких к реальным (при работе молотка по бетону, кирпичной кладке и т. п. материалам).

Контактный датчик (рис. 1, а) состоит из стержня датчика 6, перемещающегося в текстолитовой втулке 5; пружины 3, поджимающей через текстолитовый поршень 4 стержень датчика 6 к патрону 2; тек-

столитовой втулки 1, изолирующей переходник от корпуса молотка, и представляет собой переключатель, который позволяет управлять при помощи бойка 7 молотка измерительной цепью, состоящей из батареи Б и электронного осциллографа ЭНО-1.

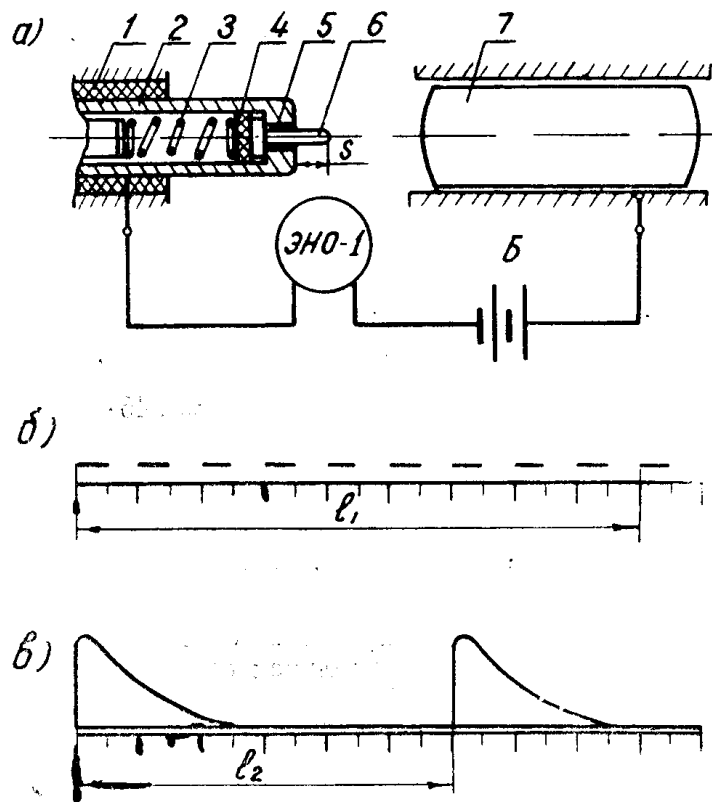


Рис. 1. К определению скорости бойка перед ударом с использованием контактного датчика и электронного осциллографа: а) — конструкция датчика и измерительная цепь; б) — к определению масштаба времени; в) — к определению времени между импульсами тока.

Измерительная цепь в момент касания бойка 7, стержня датчика 6 замыкается и размыкается, когда стержень датчика утапливается и нарушается электрический контакт между стержнем датчика и патроном. Цепь вновь замыкается, когда боек наносит удар по патрону, и размыкается при отскоке бойка. На экране осциллографа появляются два импульса. Расстояние l_2 (рис. 1, в) между началами этих импульсов соответствует времени, за которое боек проходит путь S (рис. 1, а) перед ударом. Скорость бойка перед ударом

$$V = \frac{S}{l_2 m_t}.$$

Масштаб времени m_t определяется по экрану осциллографа (рис. 1, в)

$$m_t = \frac{n \cdot t_0}{l_1},$$

где

- n — число калибровочных меток;
- t_0 — время между предыдущей и последующей метками;
- l_1 — расстояние между n метками.

Относительная ошибка вычисления скорости бойка перед ударом

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta S}{S} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta t_0}{t_0} = 0,05,$$

где $\frac{\Delta S}{S} = \frac{0,04}{4} = 0,01$ — относительная ошибка замера микрометром длины выступающей части стержня датчика $S = 4$ мм (рис. 1, а);

$\Delta l_1 = \Delta l_2 = 1$ мм — абсолютная ошибка определения линейкой с миллиметровыми делениями соответственно расстояния между n метками $l_1 = 100$ мм (рис. 1, б) и расстояния между импульсами тока $l_2 = 50$ мм (рис. 1, в); $\frac{\Delta t_0}{t_0} = 0,1$ — временная погрешность осциллографа ЭНО-1.

Энергия удара и полезная мощность молотка определяется по формулам

$$A = \frac{mV^2}{2}; \quad P_n = \frac{A \cdot n_1}{0,102 \cdot 60} = 246 \cdot A,$$

где m — масса бойка;

$n_1 = 1500$ — число ударов молотка в минуту при частоте тока 50 гц.

Погрешность вычисления энергии удара и полезной мощности молотка складывается из погрешностей определения скорости бойка перед ударом и массы бойка. Так, при весе бойка 200 г и абсолютной ошибке его определения 1 г, относительная ошибка вычисления полезной мощности

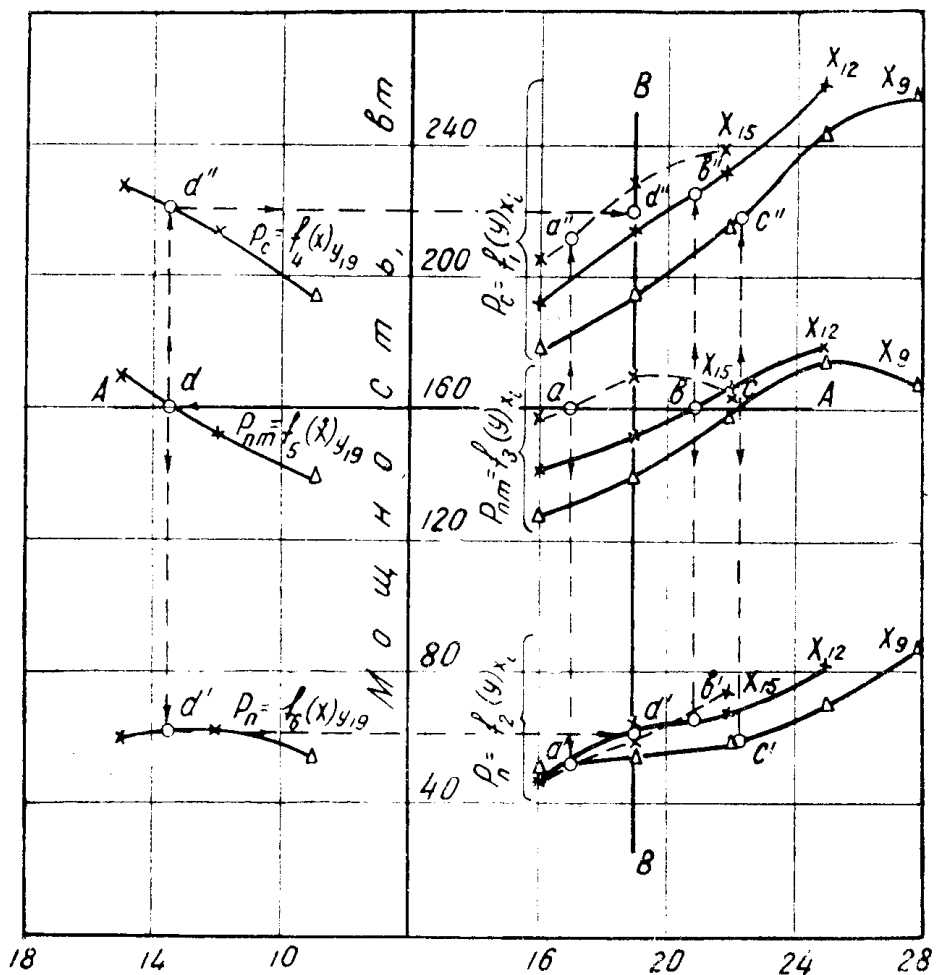
$$\frac{\Delta P_n}{P_n} = \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{200} + 2 \cdot 0,05 = 0,105 \text{ или } 10,5 \%. .$$

Поскольку при постоянных параметрах соленоида величина потребляемой P_c и полезной P_n мощности молотка в большой степени зависит от величины выбега бойка в сторону патрона Y и пружины X при проведении исследований следует для каждого варианта исполнения соленоида определить такие параметры хода бойка X и Y , которые обеспечивают наибольшее значение полезной мощности при допустимом значении перегрева обмотки. Для этого при помощи контактного датчика и ваттметра определяется изменение полезной мощности молотка P_n и потребляемой мощности P_c с изменением величины выбега бойка в сторону патрона Y при различных фиксированных значениях выбега в сторону пружины X_i .

Строится (рис. 2) семейство кривых, потребляемой $P_c = f_1(Y)_{x_i}$ полезной мощности $P_n = f_2(Y)_{x_i}$ и потерь $P_{nm} = f_3(Y)_{x_i}$ как разность $P_c - P_n$ для всех фиксированных значений x_i .

При исследовании желательно брать больший размах значений X и Y , так как в этом случае появляется возможность определить область параметров хода бойка, при которых молоток работает устойчиво. На рис. 3 область параметров хода бойка, при которых молоток работает устойчиво, представлена заштрихованной площадью. Затем определяется методом сопоставления или терморпар величина потерь в молотке, при которой нагрев катушки не превышает допустимых значений. Проводится прямая $A-A$ (рис. 2), соответствующая величине допустимых потерь параллельно оси абсцисс, пересекающая кривые $P_{nm} = f(Y)_{x_i}$ в точках a, b, c .

На рис. 2 индекс величины X соответствует величине хода бойка до пружины, выраженной в мм. Таким образом, найденные точки a, b, c позволяют построить кривую a, b, c (рис. 3) зависимости хода бойка до



Выбег бойка до пружины (X) мм Выбег бойка до патрона (Y), мм

Рис. 2. Кривые зависимости потребляемой P_c полезной P_n мощности и потерь $P_{nm} = P_c - P_n$ от величины выбег до патрона и пружины.

патрона (Y) от хода бойка до пружины (X), при которых потери в молотке будут постоянные. Эта кривая разделяет область устойчивой работы молотка (рис. 3) на две зоны: первая из них лежит ниже кривой и соответствует параметрам хода бойка, обеспечивающих потери в молотке ниже допустимого значения; вторая — выше кривой равных потерь соответствует параметрам хода бойка, при которых потери в молотке выше допустимого значения.

Далее остается выяснить, при каких же параметрах хода бойка, лежащих на кривой равных потерь (рис. 3), молоток имеет наибольшую полезную мощность и соответственно к. п. д. Для этого из точек a, b, c , лежащих на кривых $P_{nm} = f_3(Y)_{x_i}$ (рис. 2), проводятся вертикальные линии до пересечения с соответствующими кривыми $P_c = f_1(Y)_{x_i}$ и $P_n = f_2(Y)_{x_i}$. Например, через точку a , лежащую на кривой $P_{nm} = f_3(Y)_{x_{15}}$ (рис. 2), проводится вертикальная прямая до пересечения с кривыми $P_c = f_1(Y)_{x_{15}}$ и $P_n = f_2(Y)_{x_{15}}$.

Полученные точки пересечения a', b', c' и a'', b'', c'' лежат на кривых соответственно полезной и потребляемой мощности для таких параметров хода бойка, при которых потери в молотке одинаковы и рав-

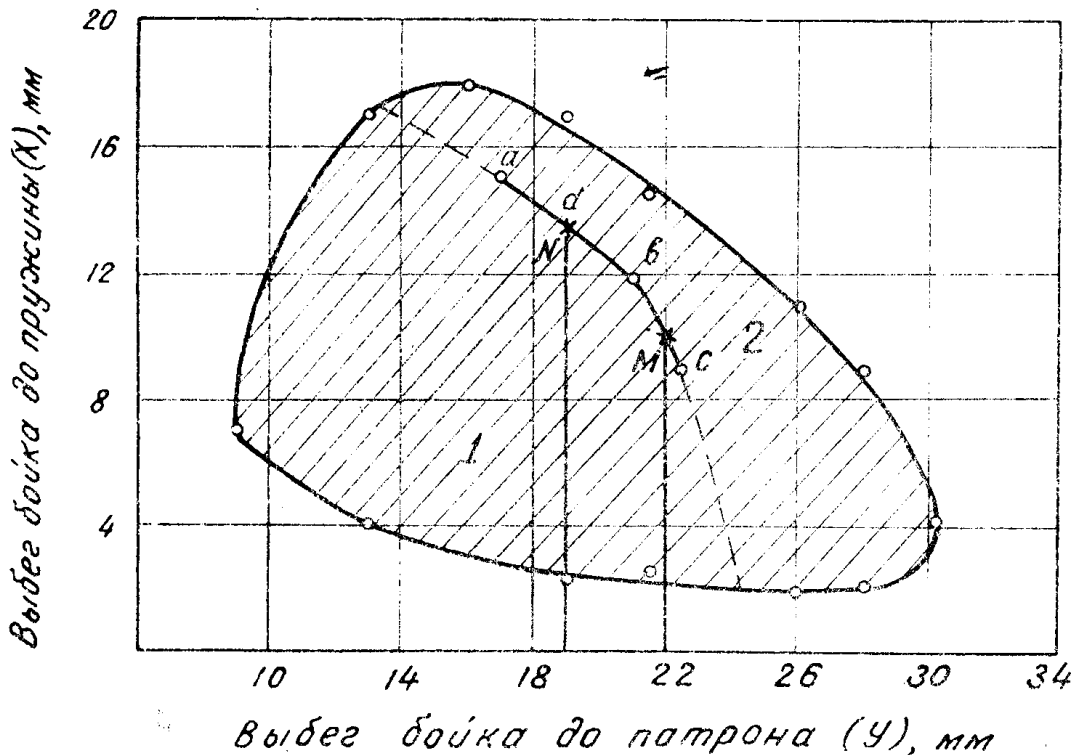


Рис. 3 Область устойчивой работы молотка и кривая равных потерь.

ны допустимой величине. Если разрыв между полученными точками велик, как например, между точками a и b на рис. 2, и затруднительно построить плавную кривую, соединяющую точки a', b', c' и a'', b'', c'' ; то отыскиваются дополнительные точки путем следующих построений. Расстояние между точками a и b делится пополам и проводится вертикальная прямая $B—B$. На рис. 2 она соответствует величине выбега до патрона 19 мм. По точкам, полученным при пересечении кривых $P_c = f_1(Y)_{x_i}$; $P_{nm} = f_3(Y)_{x_i}$ и $P_n = f_2(Y)_{x_i}$ прямой $B—B$, строятся (рис. 2) кривые зависимости P_c, P_{nm}, P_n от величины выбега до пружины при постоянном выбеге до патрона. Через точку пересечения (d) прямой равных потерь $A—A$ (рис. 2) с построенной кривой $P_{nm} = f_3(X)_{y_{19}}$ проводится вертикальная линия до пересечения с кривыми $P_c = f_1(X)_{y_{19}}$ и $P_n = f_6(X)_{y_{19}}$ и определяются дополнительные точки d'' и d' , которые затем проектируются на прямую $B—B$. По найденным точкам a'', d'', b'', c'' и a', d', b', c' строятся кривые P_c, P_n и к. п. д. (рис. 4). Точки кривой к. п. д. определяются делением полезной мощности на потребляемую, взятых по кривым P_c и P_n (рис. 4) для одинаковых величин хода бойка до патрона.

Максимальному значению к. п. д. соответствует оптимальная величина выбега бойка до патрона. Так, для случая, представленного на рис. 4, наибольшее значение к. п. д. молотка достигает при ходе бойка до патрона в пределах 19—22 мм. Следует помнить, что каждому значению величины хода бойка до патрона соответствует вполне определенная величина хода бойка до сжатия пружины, которая определяется кривой равных потерь a, d, b, c (рис. 3). Если взять крайние значе-

няя величин хода бойка до патрона, при которых к. п. д. молотка имеет наибольшее значение (19 и 22 мм для рис. 4), отложить их на оси абсцисс (рис. 3) и восстановить из этих точек перпендикуляры до пересечения с кривой a, d, b, c в точках N и M , то координаты точек получен-

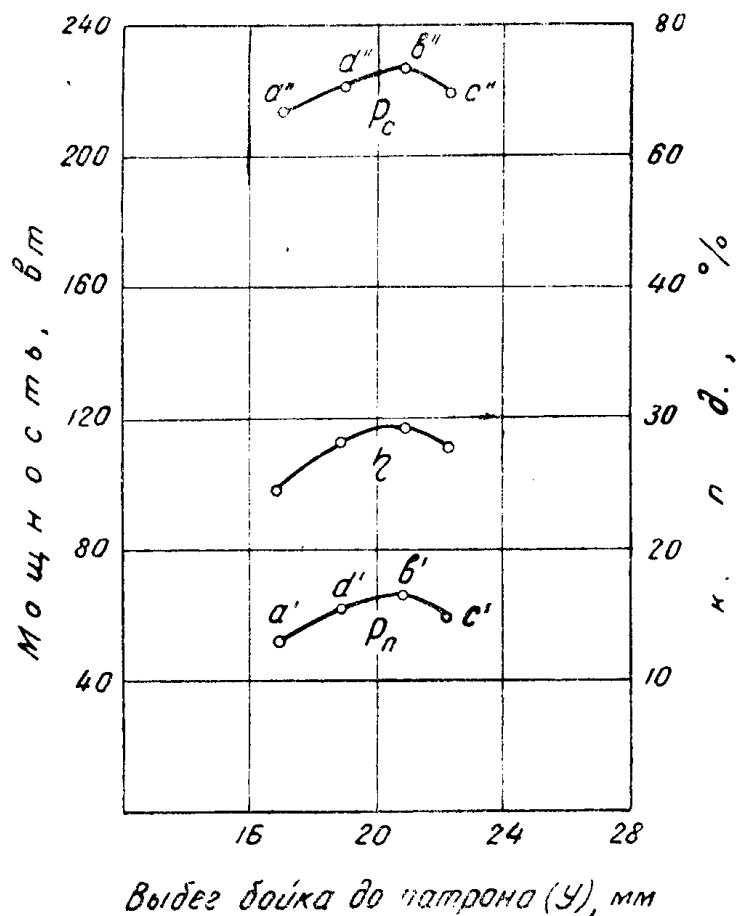


Рис. 4. Кривые потребляемой P_c , полезной P_n мощности и к. п. д. η при допустимых потерях в молотке.

ного отрезка $N—M$ кривой равных потерь будут соответствовать наилучшим параметрам хода бойка для заданной продолжительности включения молотка, при которой определялась допустимая величина потерь, и данному исполнению соленоида. При сравнении различных вариантов исполнения соленоида лучший выбирается по наибольшей величине к. п. д. при допустимой величине перегрева обмотки.

Вывод

Описанная методика позволяет при сравнительно малых затратах времени на исследование и с достаточной точностью определить следующие оптимальные параметры при заданных температуре нагрева и габаритах соленоида:

- а) диаметр обмоточного провода и число витков катушки;
- б) геометрические параметры бойка;
- в) угол наклона полюсов;
- г) жесткость пружины;
- д) величины выбега бойка до патрона и пружины.

Экспериментальное определение оптимальных параметров солено-

ида других габаритных размеров не потребуется при применении метода подобия и размерностей к расчету соленоидных молотков [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ряшенцев Н. П., Тимошенко Е. М., Фролов А. В., Тронов А. П., О параметрах соленоидных молотков со свободным выбегом бойка. Статья помещена в настоящем сборнике.

2. Алабужев П. М., Ряшенцев Н. П., Применение метода подобия и размерностей к расчету соленоидных молотков. Известия Томского политехнического института, том 108, 1959.