

## ДАТЧИК РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПОРШЕНЬ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

В. Ф. ГОРБУНОВ, В. И. БАБУРОВ, Л. С. РЕДУТИНСКИЙ, Ю. А. ОПАРИН

(Представлена кафедрой горных машин, рудничного транспорта и горной механики)

Исследование внутренних процессов пневматической машины ударного действия имеет большое значение для разработки теории их работы и создания новых высокопроизводительных и экономичных конструкций. Исходным материалом для подобных исследований служат диаграммы давления воздуха по времени в обеих полостях машины, записанные на фотобумагу или фотопленку. В настоящее время запись диаграммы давления воздуха осуществляется в основном двумя способами: электрическим — с использованием тензодатчиков и электронной аппаратуры [1,2] и оптикомеханическим [3, 4]. Первый способ нашел более широкое распространение [7, 8, 9].

На основе диаграмм давлений производится расчет всех основных параметров пневматической машины. Методика этого расчета была разработана Б. В. Суднишниковым [4—6]. Суть ее заключается в следующем.

Для расчета параметров рабочего цикла машины нужно на основании диаграмм давлений над и под ударником построить кривую результирующей силы, действующей на ударник в течение времени рабочего цикла [4]. Полученная диаграмма разделяется вертикалью на две части таким образом, чтобы суммы статических моментов площадей индикаторных диаграмм при рабочем и обратном ходах ударника были равны друг другу. В этом случае вертикаль будет соответствовать моменту начала рабочего хода ударника.

После разбивки диаграммы результирующей силы легко найти скорость ударника в конце рабочего хода, частоту и энергию единичного удара. Б. В. Суднишниковым предлагается определять параметры и без построения диаграммы результирующей силы [4]. В этом случае нужно брать отдельно статические моменты импульсов, действующих на ударник со стороны задней и передней полостей цилиндра, и суммировать их для рабочего и обратного ходов ударника. Однако это никак не упрощает расчеты.

Следует отметить, что упомянутая методика расчета энергетических параметров и характеристик перемещения ударника является общепризнанной и получила широкое распространение. Однако, она имеет, по нашему мнению, один существенный недостаток, заключающийся в громоздкости производимых построений и вычислений. Так, например, опытный экспериментатор за рабочий день может выполнить расчеты максимум 5—8 циклов работы машины.

Авторы данной работы, занимаясь исследованием рабочих процессов ручных пневматических молотков, начали поиски мер и путей усовершенствования и ускорения производимых расчетов.

Одним из таких мероприятий явилось создание нового датчика, позволяющего сразу записывать диаграмму результирующего усилия. действующего на поршень пневматической машины. Датчик назван авторами дифференциальным тензоманометром типа МДТ-1.

Дифференциальный тензоманометр (рис. 1) устроен следующим образом. Сжатый воздух из обеих полостей машины по трубопроводам 9 поступает во внутреннюю полость корпуса 10 датчика, которая разделена на две равные части мембраной 11. Вследствие этого мембрана 11 испытывает давление воздуха с обеих сторон и будет деформироваться пропорционально разности давлений.

На мембрану 11 наклеен рабочий тензодатчик 13. Компенсационный температурный тензодатчик 12 наклеен на дно корпуса в этой же половине полости датчика. Выводы от тензометров проведены через уплотнительные прокладки 14 и далее через экранированный кабель подсоединены к входу усилителя типа ПЭТ-ЗВМ.

Обе половины корпуса дифференциального тензоманометра МДТ-1 соединены болтами 15. Трубки, подводящие сжатый воздух к датчику, подсоединены с помощью штуцеров 7 и гаек 8. Для устранения влияния потерь давления воздуха на пути от полости до тензометра на качество записи соединительные трубки 9 выполнены равной длины. Внутренний диаметр трубки равен 4 мм, а диаметр внутренней полости датчика — 30 мм. Диаметр полости подобран с учетом возможности размещения тензометров с базой 15, 20, и 25 мм. Для молотка КЕ-22 с применением данного датчика объем передней полости увеличивается на 4, 3 см<sup>3</sup> или на 6% при крайнем заднем положении ударника, а задней — на 4, 3 см<sup>3</sup> или на 4,4% при крайнем переднем положении ударника.

Из приведенных цифр следует, что объем полостей машины с обеих сторон ударника увеличивается незначительно. Однако с уменьшением объема полостей машины указанные соотношения будут изменяться в большую сторону, что весьма нежелательно. По-видимому, для пневматических машин ударного действия с малыми объемами полостей использование описанной конструкции датчика невозможно. Для таких машин возможно на этом же принципе создать другие конструкции тензоманометров, не вносящие изменений в рабочий процесс.

Основным достоинством разработанного дифференциального тензоманометра является ускорение процессов записи и обработки диаграмм давлений при вычислении параметров пневматических машин ударного действия, у которых полезные площади поршня-ударника одинаковы при рабочем и обратном его движении. Отпадает необходимость записи двух диаграмм давлений отдельно в задней и передней полостях машины. Использование датчика МДТ-1 резко сокращает расчет характеристик испытываемой машины. При линейной характеристике проволочного тензодатчика возможно сразу после увеличения результирующих осциллограмм производить соответствующие расчеты без их пере-строения.

Необходимо только определить масштаб силы. Тарировка устройства осуществляется обычным образом. Сначала датчик тарируется с подачей сжатого воздуха на одну сторону мембраны, затем на другую. Расчет мембраны датчика производился по формулам, известным в литературе [7—9]. Описанный датчик испытывался в лаборатории пневматических машин кафедры горных машин и рудничного транспорта. В качестве испытываемой машины был принят хорошо изученный клепаль-

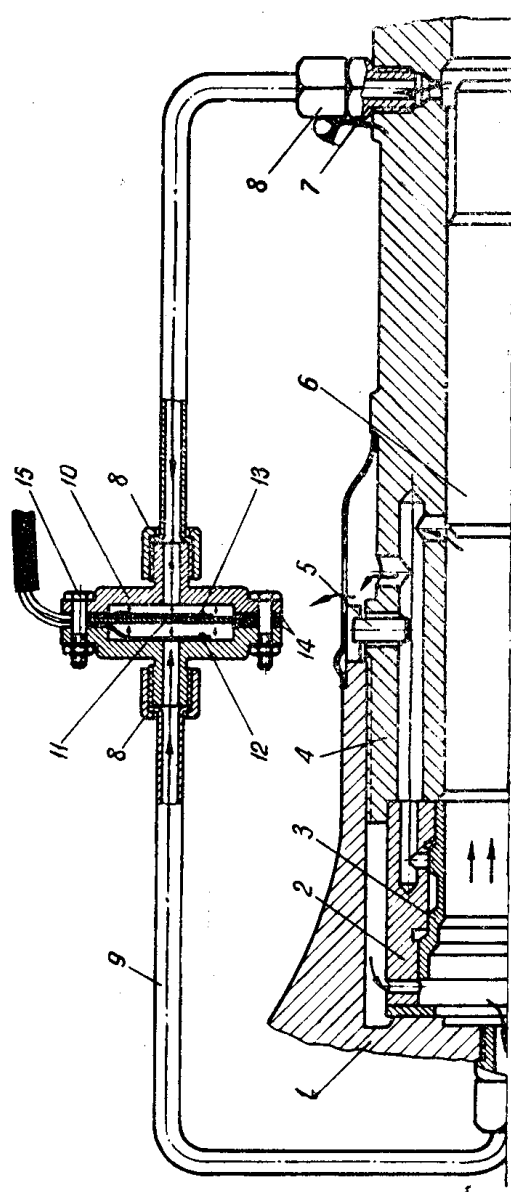


Рис. 1. Дифференциальный тензодатчик МДТ-1. 1 — рукоятка молотка; 2 — золотниковая коробка; 3 — золотник; 4 — ствол; 5 — ствол; 6 — ударник; 7 — штуцер; 8 — гайка штуцера; 9 — трубопровод; 10 — корпус датчика; 11 — мембрана стальная; 12 — компенсационный тензодатчик; 13 — рабочий тензодатчик; 14 — прокладки уплотнительные; 15 — болт

ный молоток типа КЕ-22, который по технической характеристике завода-изготовителя имеет параметры, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Наименование параметров	Значения параметров		
	по технической характеристике завода	при расчете по двум диаграммам	при расчете по одной диаграмме
Энергия удара, $\text{кГм}$ . . .	2,7	2,9	3,0
Частота ударов, $\text{уд/мин}$ . . .	1100	1060	1040
Ударная мощность, л. с. . .	0,66	0,68	0,69
Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{мин}$ . . .	1,0	1,20	1,20—1,25
Ход ударника, $\text{мм}$ . . . . .	—	119	120

Сначала молоток испытывался обычным способом, т. е. с двумя датчиками давления [1], затем с новым датчиком МДТ-1. Условия испытаний были совершенно одинаковы.

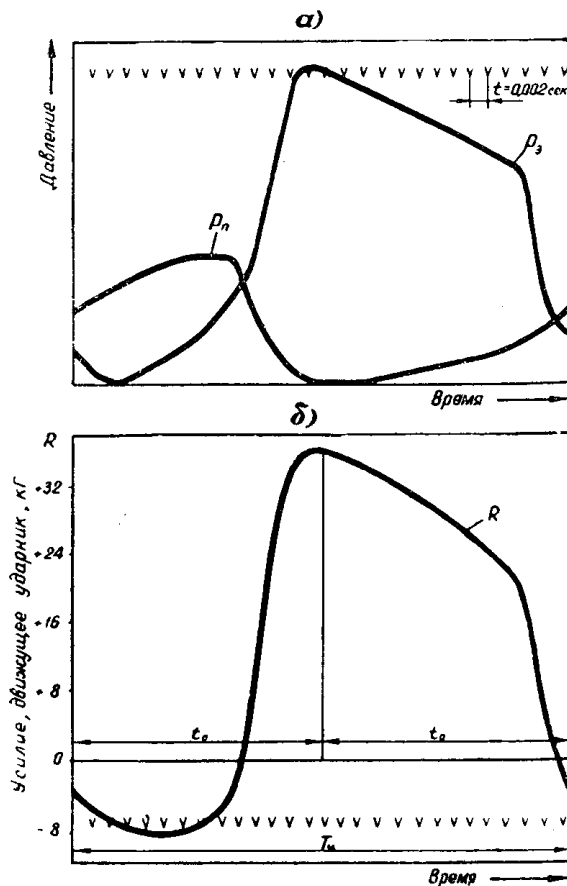


Рис. 2. Диаграммы давлений сжатого воздуха на ударник в задней —  $P_3$  и передней —  $P_{п}$  полостях клепального молотка типа КЕ-22 и результирующей силы —  $R$ , действующей на ударник за один цикл

Порядок построения диаграммы  $R$  (рис. 2, б) следующий. Диаграммы давлений воздуха (рис. 2, а), заснятые на осциллографе МПО-2, увеличивались в 10 раз оптическим способом с помощью прибора ПО-1.

Ударная мощность молотка передавалась рабочему инструменту зубилу весом 0,9 кг, упертому в чугунную болванку. Положение молотка вертикальное. Усилие нажатия — 25 кг, давление воздуха в питающей сети — 5 *ати*. Величина усилия нажатия, равная 25 кг, обеспечивает стабильную работу молотка, поскольку она в сумме с весом машины 9,5 кг равна максимальному значению возмущающей силы. В этих условиях влияние колебаний корпуса молотка на внутренние процессы будет сведено до минимума. Расход воздуха замерялся поплавковым расходомером типа В-1 завода «Пневматика» (г. Ленинград).

На рис. 2 представлены результаты испытаний молотка обычным способом (с двумя датчиками), т. е. с записью двух осциллограмм давлений воздуха: отдельно для задней ( $P_3$ ) и для передней ( $P_{п}$ ) полости с последующим построением графика результирующей силы ( $R$ ), действующей на ударник за время одного цикла (рис. 2, б).

Затем каждая из них перестраивалась вновь для приведения к одному масштабу, так как тарировочные графики для обоих датчиков, как правило, разные. Перестроенные диаграммы складывались в общую, результирующую, с учетом направления действия сил и площади ударника. После указанных построений расчет параметров производится по методу Б. В. Суднишникова [4, 5]. Результаты обработки диаграмм молотка КЕ-22 приведены в табл. 1.

При испытании молотка с новым датчиком последний тарировался как обычно до и после опытов. Тарировочные графики представлены на рис. 3, б. Здесь же показана записанная с помощью упомянутого датчика диаграмма результирующего усилия или точнее давления воздуха на ударник (рис. 3, а). Она почти не отличается от диаграммы, помещенной на рис. 2, б. Поскольку зависимость отклонений луча шлейфа по экрану осциллографа от давления воздуха на обе стороны мембраны оказалась линейной, то обработка диаграммы (рис. 3, а) сводится лишь к предварительному ее увеличению, расчету масштабов и определению площадей импульсов.

Масштаб силы равен

$$m_p = \frac{P_0 \cdot F}{L}, \text{ кг/см},$$

где  $L$  — отклонение луча шлейфа по экрану осциллографа при изменении давления воздуха на одну атмосферу, см;

$P_0$  — давление воздуха, равное одной атмосфере, кг/см<sup>2</sup>;

$F$  — площадь ударника, см<sup>2</sup>.

Масштаб времени равен  $m_t = \frac{n \cdot t_0}{l}$ , сек/см,

где  $l$  — длина цикла, см;

$t_0$  — цена деления отметчика времени, равная 0,002 сек;

$n$  — число отметок времени в одном цикле, шт.

Разница в значениях основных параметров клепального молотка КЕ-22, определенных тем и другим способом (см. таблицу), составляет 1,5—3,0%. В обоих случаях отклонения в значениях параметров находятся в пределах ошибки подсчета. Отсюда следует, что выбранные размеры датчика МДТ-1 практически несущественно влияют на рабочий

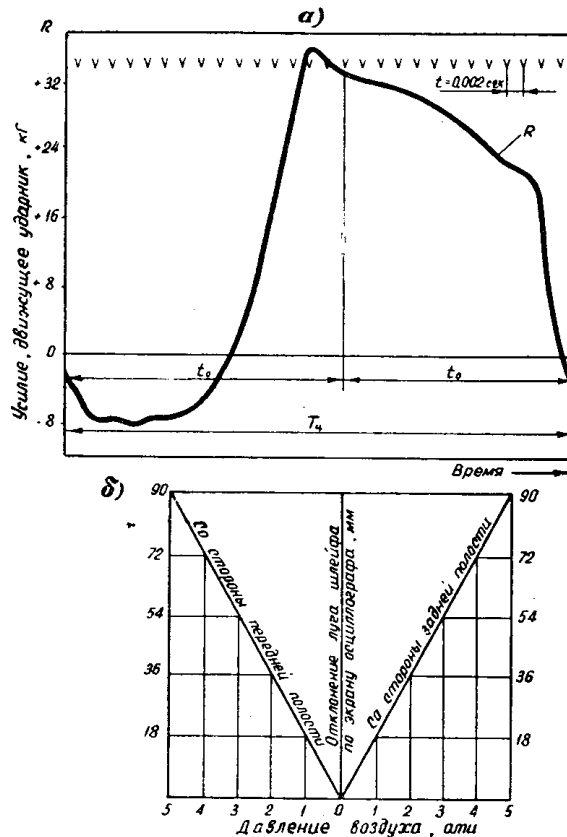


Рис. 3. Диаграмма результирующей силы, действующей на ударник за один цикл, полученная с помощью дифференциального тензоманометра типа МДТ-1 (а), и тарировочный график датчика МДТ-1 (б)

процесс молотка и его можно рекомендовать для применения при определении параметров по методу Б. В. Суднишникова.

### Выводы

1. В работе описана конструкция дифференциального тензоманометра для пневматических машин ударного действия, у которых рабочая площадь поршня-ударника одинакова с обеих сторон. Датчик позволяет производить осциллографирование результирующего давления воздуха на поршень-ударник, что значительно упрощает и ускоряет обработку и получение результатов эксперимента.

2. Испытания показали, что предложенный датчик может быть использован для пневматических машин с объемами полостей не менее 70—90 см<sup>3</sup>. В противном случае наличие дополнительного объема за счет трубопроводов тензоманометра качественно искажает внутренний процесс машины, на осциллограмме регистрируются собственные колебания столба воздуха, находящегося в трубопроводах, и снижается точность результатов проводимых экспериментов.

3. Практически датчик рекомендуется использовать при исследованиях таких машин, как клепальные молотки типа КЕ-19, КЕ-22, КЕ-28, КЕ-32, пневмоударников всех типов, ударных узлов и т. д.

### ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, В. Ф. Горбунов. Методика экспериментального исследования рабочего процесса пневматических бурильных молотков. Известия ТПИ, т. 106, Metallurgizdat.

2. О. Д. Алимов, В. Ф. Горбунов, И. Г. Басов, Д. Н. Малков. Бурильные машины. Госгортехиздат, 1960.

3. Г. В. Родионов. Универсальный стенд для исследования пневматических машин ударного действия. Сб. Машины ударного действия, Новосибирск, 1953.

4. Б. В. Суднишников, Н. Н. Есин. Экспериментальное исследование рабочего процесса пневматических молотков. Сб. Машины ударного действия, Новосибирск, 1953.

5. Б. В. Суднишников. О движении массы под действием силы, заданной в виде функции времени. Некоторые зависимости, вытекающие из особенностей индикаторных диаграмм пневматических молотков. Сб. Машины ударного действия. Новосибирск, 1953.

6. Б. В. Суднишников, Л. И. Семенов. Расчет пневматического отбойного молотка. Сб. Машины ударного действия. Новосибирск, 1953.

7. В. В. Юшин. Определение параметров внутреннего процесса шахтных пневматических машин ударного действия методом электрических измерений. Автореферат кандидатской диссертации. Днепропетровск, 1960.

8. З. Рузга. Электрические тензометры сопротивления. Госэнергоиздат, 1961.

9. Н. П. Раевский. Методы экспериментальных исследований механических параметров машин. Издание АН СССР, 1952.

10. Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. Теория и расчет силовых пневматических устройств. Издательство АН СССР, Москва, 1960.