

3. Катальмов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов. – Л.: Химия, 1990. – 240 с.
4. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочных и транспортных устройств). – М.: Машиностроение, 1964. – 250 с.
5. Квапил Р. Движение сыпучих материалов в бункерах / Пер. с нем. А.И. Самодурова и О.А. Яковлева. – М.: Гос. научно-техн. изд-во лит-ры по горному делу, 1961. – 79 с.
6. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
7. Желтов В.П., Григорьев А.М. Расчет производительности крутонаклонных и вертикальных быстроходных шнеков, транспортирующих сыпучие материалы // Известия вузов. Горный журнал. – 1965. – № 10. – С. 118–126.
8. Штуков Н.К., Григорьев А.М. Картина распределения осевых скоростей материальной точки (частицы) в пределах окружности в транспортирующих шнеках // Известия вузов. Горный журнал. – 1967. – № 12. – С. 97–103.

Поступила 31.08.2007 г.

УДК 621.972

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТКА. Ч. 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ

А.Н. Глазов

Томский политехнический университет  
E-mail: zvm@tpu.ru

*Освещена методика и средства исследования температурного поля молотков. Рассмотрены закономерности рабочих процессов в камерах. Показано, что температура воздуха в рабочих камерах непрерывно меняется по времени и по пути ударника, а ее максимальное и среднее значение существенно выше температур сжатого воздуха и окружающей среды за исключением участка цилиндра с выхлопными окнами.*

### **Ключевые слова:**

*Рубильный ручной пневматический молоток, экспериментальное исследование, методика, термопара, давление и температура воздуха в камерах, температурное поле, поверхность, резание, сталь, чугун.*

### **Введение**

В различных отраслях машиностроения широко применяются ручные пневматические рубильно-клепальные молотки для рубки, клепки, очистки литья, чеканки, зачистки швов и прочих работ. Работа молотков сопровождается тепловыми процессами и вибрацией. Локальная вибрация, выделяемое тепло и низкотемпературный отработанный воздух воздействуют на контактирующего с поверхностью инструмента человека и окружающую среду. Как известно, температура поверхности молотка и атмосферного воздуха является одним из решающих факторов в развитии вибрационной болезни.

Температура наружных поверхностей оборудования, интенсивность теплового облучения работающих должна соответствовать требованиям действующих санитарных правил к микроклимату производственных помещений. В целях профилактики тепловых травм температура поверхности технологического оборудования должна соответствовать требованиям санитарных правил [1] и ее допустимая величина при контактном периоде до 8 ч и более составляет 43 °С. Гигиенические требования к температуре рукояток и их поверхности определяются температурой поверхности рукояток ручных молотков, которая должна находиться в пределах от 21,5 до 40 °С, а оптимальным является диапазон от 25 до 32 °С [1].

По нашим данным, экспериментальная оценка температурного поля поверхности пневматических молотков ранее не производилась. Отсутствует и методика проведения таких исследований.

Данные о тепломассообменных процессах необходимы: для развития теории, расчета и создания пневмоударных механизмов; для выработки соответствующих гигиенических требований с учетом условий эксплуатации молотков и правильной организации труда; при определении влияния теплового состояния молотков на микроклимат производственного помещения.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы являлось исследование закономерностей распределения температуры в молотке при различных условиях его эксплуатации.

### **Объекты и средства исследования**

Исследовались рубильный молоток М-6 и рукоятки молотков М-5, М-6, КЕ-22 при давлении сжатого воздуха 0,5 МПа.

Для измерения и регулирования параметров сжатого воздуха применялся специальный стенд [2]. Использовались тензометрические датчики давления. Мгновенная температура воздуха в рабочих камерах измерялась датчиками сопротивления с термочувствительным элементом в виде вольфра-

мовой проволоки марки ВА-3 диаметром 11 мкм. Материалом ножек, к которым приваривался элемент, служит проволока константановая диаметром 1,2 мм. Датчик включается в полумостовую схему совместно с балластными сопротивлениями. Для регистрации сигналов применялись усилители ТА-5 и светолучевой осциллограф.

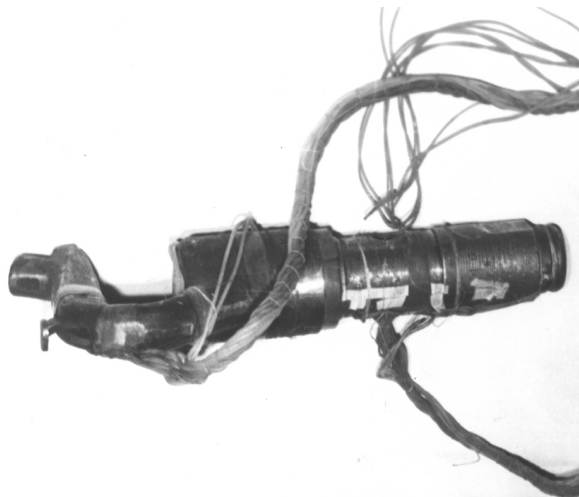


Рис. 1. Молоток М-6 с термопарами

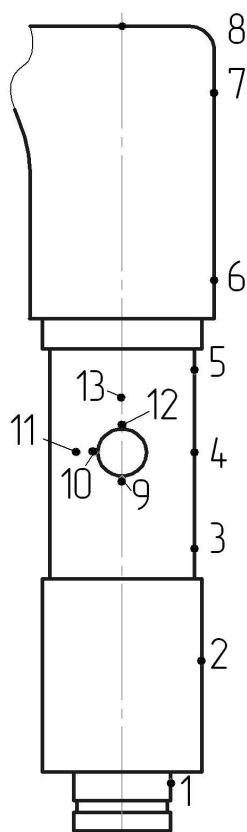


Рис. 2. Расположение спаев термопар на поверхности молотка М-6

Измерение температуры поверхности молотков производилось хромель-копелевыми термопарами с диаметром проволоки 0,2 мм, одетыми в пластиковые чехлы. На поверхности молотка ме-

ста установки термопар по образующей отмечены белыми маркерами (рис. 1). Применялся электронный двенадцатиточечный самопишущий потенциометр ЭПП-09М3 класса точности 0,5. Спаи термопар зачеканивались по образующей цилиндрической поверхности, проходящей между выхлопными окнами, и с тыльной части корпуса молотка, у выхлопного окна в 5-и точках (рис. 2), на ручьях в 6-и точках с учетом различной толщины стенок канала и конструкции изделия. Устанавливалась термопара и на срезе выхлопного окна. Запись температуры происходила при скорости протяжки бумаги 80 мм/мин и цикле печатания 0,75 и 1,5 с. Исследования проводились с учетом рекомендаций [3, 4].

### Рабочие процессы в молотке

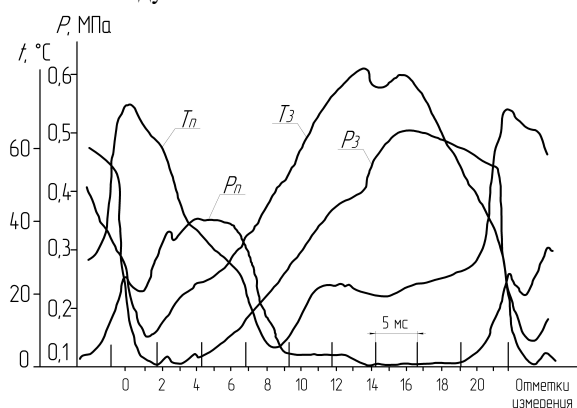
В пневматических молотках превращение энергии сжатого воздуха в механическую работу связано с целым комплексом сложных газодинамических и термодинамических процессов. Для оценки источника тепла исследовались рабочие процессы внутри цилиндра. Характер изменения давления и температуры воздуха в рабочих камерах молотка М-6 виден из осциллограммы (рис. 3), полученной при давлении 0,5 МПа и температуре сжатого воздуха около 26 °С. Отметим основные особенности изменения параметров рабочего тела в камерах.

Сжатие воздуха в задней от зубила камере (участок 2-13) сопровождается ростом давления и температуры воздуха до 83 °С. На участке 13-14 начинается впуск из воздухопровода более холодного сжатого воздуха. До отметки 21 в период прямого хода ударника происходит снижение давления и температуры воздуха. На временном участке 21-1 происходит выхлоп воздуха из задней камеры. Этот период работы характеризуется значительным падением давления и расширением воздуха. Температура воздуха в камере интенсивно снижается до 5...8 °С.

Отметка 0 соответствует моменту удара ударника по хвостовику зубила. Происходит обратный ход ударника. За счет поступления сжатого воздуха давление воздуха некоторое время повышается, а температура в передней камере падает. Отметка 6 соответствует началу выхлопа воздуха из камеры. Из передней камеры истекает воздух, что сопровождается падением давления и более интенсивным снижением температуры воздуха до 3 °С. После окончания фазы выхлопа (участок 8-9) сжатый воздух продолжает поступать в камеру по впускному и командному каналу задней камеры до временного участка 12-13 и этому соответствует рост температуры до 25 °С. Девятнадцатая отметка соответствует началу сжатия воздуха в камере до момента удара (22-я отметка). Температура в передней камере возрастает до 72 °С.

В период работы молотка происходит массо-энергетическое, тепловое и механическое взаимодействие воздуха в цилиндре с внешней средой.

Механическое взаимодействие осуществляется путем перемещения ударника. Оно сопровождается изменением объема камеры. Массоэнергообменное взаимодействие выражается в процессах присоединения и отсоединения порций сжатого воздуха. Тепловое взаимодействие происходит за счет теплообмена воздуха в камере с вновь поступающим, а также со стенкой цилиндра. В процессе работы пневматического молотка температура воздуха в рабочих камерах непрерывно меняется как по времени, так и по пространству. Как видно из рис. 3, в районе зоны выхлопного окна максимальная и средняя температуры воздуха ниже температуры сжатого воздуха.



**Рис. 3.** Оциллограмма рабочих процессов рубильного молотка М-6:  $P_n$ ,  $P_z$ ,  $T_n$ ,  $T_z$  – давление и температура воздуха в передней и задней камерах

В табл. 1 и 2 приведены значения среднеарифметической  $t_{cp}$  и среднеинтегральной  $t$  температур воздуха в камерах цилиндра в различные периоды цикла работы.

**Таблица 1.** Средние температуры воздуха в задней камере

Параметр	Периоды			За цикл работы
	Обратный ход	Прямой ход до выхлопа	Прямой ход	
$t$ , °C	50,5	56	47	49
$t_{cp}$ , °C	45	58	45	45

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту // Российская газета. – 2003. – № 119/1.
2. Глазов А.Н. Влияние эксплуатационных параметров на характеристики пневматических молотков // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 310. – № 2. – С. 60–63.

**Таблица 2.** Средние температуры воздуха в передней камере

Параметр	Периоды			
	Сжатие	От удара до выхлопа	От выхлопа до сжатия	За цикл работы
$t$ , °C	41	48,5	19	31
$t_{cp}$ , °C	48	48	10,5	37

Максимальная температура воздуха в камере тем выше, чем больше степень сжатия и чем позже начинается выпуск сжатого воздуха. Так в задней камере рубильно-клепального молотка КЕ-22, имеющего более высокие значения максимального давления и степени сжатия воздуха, максимальная температура воздуха выше на 42 °C, чем у молотка М-6. Можно отметить, что у большинства типов клепальных и отбойных молотков степень сжатия воздуха в задней камере выше, чем у молотка М-6.

Из результатов исследования следует, что средняя температура воздуха в камерах в отдельных периодах и, в целом, за цикл заметно выше, чем температуры сжатого воздуха и окружающей среды, т. е. налицо температурный напор и предпосылка к теплообмену между рабочим телом и стенкой ствола молотка.

**Заключение**

Разработаны методика и средства экспериментальных исследований рабочих процессов в камерах и температурного поля поверхности пневматических молотков.

Установлены закономерности и значения температуры воздуха в камерах цилиндра. Показано, что температура воздуха в рабочих камерах непрерывно изменяется по времени и по пути поршня. Максимальная и средняя температура воздуха в камерах значительно выше, чем температуры подводимого сжатого воздуха и окружающей среды. Температура в камерах тем выше, чем больше степень сжатия воздуха. В поперечных сечениях цилиндра, проходящих через зону выхлопных окон, минимальная и средняя температуры воздуха ниже, чем температура подводимого сжатого воздуха.

3. Кулаков М.В., Макаров Б.И. Измерение температуры поверхности твердых тел. – М.: Энергия, 1979. – 96 с.
4. Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

Поступила 25.06.2008 г.