

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 1. Методика исследования и рабочие процессы // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 2. — С. 42–44.
2. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 2. Изменение температуры поверхности по времени // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 2. — С. 45–47.
3. Бегагоен Н.А., Дядюра А.Г., Бажал А.И. Бурильные машины. — М.: Недра, 1972. — 368 с.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. — М.: Мир, 1981. — 417 с.

Поступила 24.09.2008 г.

УДК 621.972

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТКА. Ч. 4. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА

А.Н. Глазов

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

Получены зависимости изменения температуры по времени в характерных точках поверхности корпуса и показано распределение температуры вдоль молотка для различной температуры сжатого воздуха. Приведен пример картины температурного поля поверхности пневматического молотка М-6. Показано, что температура воздуха на выхлопе находится в прямой зависимости от температуры сжатого воздуха. Исследовано температурное поле поверхности и получены зависимости температуры рукояток молотков М-5, М-6 и КЕ-22 от температуры сжатого воздуха. Содержатся сведения и рекомендации к гигиенической оценке и организации процессов работы.

Ключевые слова:

Рубильный ручной пневматический молоток, экспериментальное исследование, методика, термопара, температурное поле, поверхность, влияние температуры сжатого воздуха, резание, сталь, чугун.

В первой части статьи [1] освещены методика исследований и результаты изучения рабочих процессов в камерах, во второй части [2] установлены закономерности изменения температуры по времени в характерных точках поверхности, а в третьей части работы [3] приведены результаты исследований распределения температуры по поверхности корпуса молотка рубильного М-6 для определенных моментов времени при работе на сжатом воздухе с температурой 20...27 °С.

Температура сжатого воздуха перед пневматическим оборудованием имеет различную величину в зависимости от климатических условий, области применения машин, расстояния от компрессорной станции, эффективности работы конечного холодильника и др. Одним из возможных мероприятий по экономии энергии является подогрев сжатого воздуха перед пневматическим оборудованием с использованием для этой цели вторичных энергоресурсов [4]. При подогреве сжатого воздуха существенно возрастают энергетические параметры и снижается расход воздуха пневматических молотков серии М [5]. Кроме этого, к мерам, обеспечивающим безопасные условия труда, относится подогрев рукояток пневматических инструментов для достижения регламентируемых значений их температуры за счет нагрева сжатого воздуха [6].

Исходя из вышеизложенного, необходимо оценить распределение температур по поверхности молотка и на выхлопе при нагреве сжатого воздуха. Изучение теплового состояния молотка и закономерностей его изменения будет способствовать правильной организации режима труда и выработке гигиенических требований.

Исследовалось температурное поле поверхности молотка М-6 в процессе резания зубилом по чугунной плите при подогреве сжатого воздуха. Остановимся на основных закономерностях теплового состояния молотка по результатам некоторых экспериментов.

При работе на горячем воздухе (рис. 1) так же, как и на нормальном, происходит изменение температуры по времени во всех точках образующей корпуса, схема расположения которых дана в первой части статьи [1]. Поскольку молоток был нагрет от предыдущей рубки, то наблюдается период инерционности в изменении температур в большинстве точек поверхности, т. е. продолжается снижение температуры. Через 40 с работы температурное поле средней части ствола (точки 4 и 5) практически стационарно.

В сравнении с рубкой при нормальной температуре энергоносителя [2. Рис. 3] поверхность задней от зубила части корпуса молотка в процессе работы нагревается более значительно благодаря теплооб-

мену с задней камерой, где значения максимальной и средней температуры воздуха становятся выше. Температура поверхности в зоне буксы (рис. 1) возрастает практически пропорционально по времени, как и при работе на нормальном воздухе. В точке 8 на торце корпуса температура повышается практически по прямой.

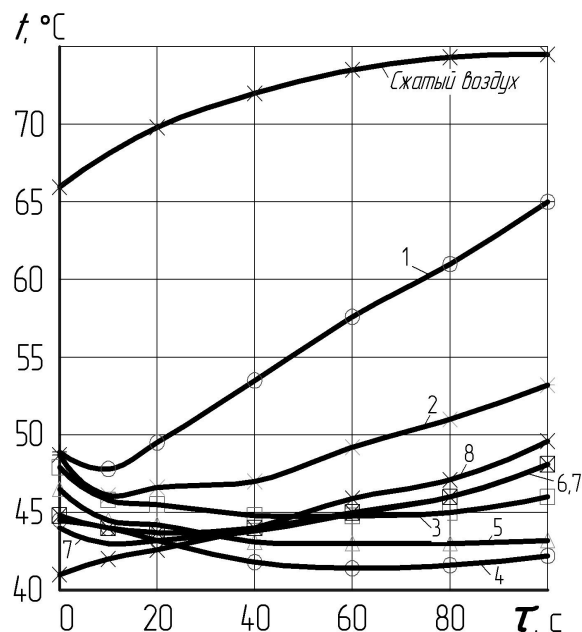


Рис. 1. Зависимости температур в точках образующей поверхности молотка М-6 от времени рубки по чугунной плите

При подогреве сжатого воздуха наблюдается увеличение темпа роста температуры в районе буксы (рис. 1 и 2). Это объясняется более высокой температурой передней части в районе передней камеры и средней части корпуса и, значит, уменьшением теплоотдачи от буксы к средней части. Например, за 60 с рубки чугуна температура в точке 1 передней части ствола изменяется при температуре сжатого воздуха 24 °С на 10,2 °С, а при нагреве воздуха до 70...74 °С (рис. 1) – на 11,5 °С. При нагреве сжатого воздуха увеличиваются максимальное и среднее значения температуры воздуха в камере и, в целом, в цилиндре. Зависимости температуры поверхности (рис. 2) в районе буксы молотка получены для каждой температуры сжатого воздуха при различном исходном тепловом состоянии корпуса.

Из рис. 3 видны закономерности распределения температуры вдоль корпуса, построенные по измеренным значениям температуры в характерных точках молотка через 60 с работы на сжатом воздухе различной температуры и неодинаковом исходном тепловом состоянии молотка. Характер изменения температуры по длине L корпуса молотка кардинально не отличается. При повышении температуры сжатого воздуха возрастают значения температуры поверхности по всей длине молотка и увеличивается температурный градиент вдоль передней части ствола. Температура поверхности тем

выше при прочих равных условиях, чем сильнее нагрет сжатый воздух. Наиболее высокие значения температуры наблюдаются в нижней и верхней точках корпуса, где находятся основные источники тепла, а наименьшие – в средней части ствола.

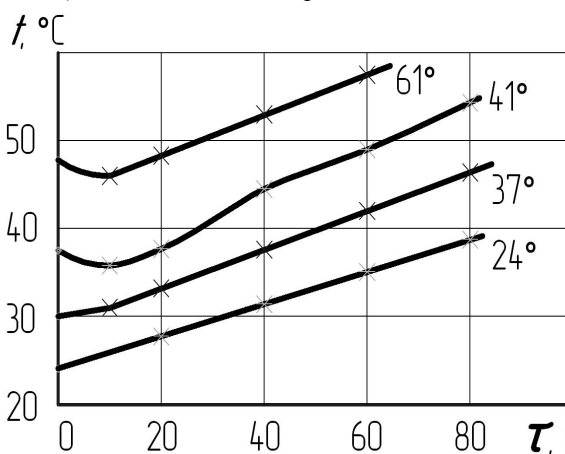


Рис. 2. Зависимости температуры в точке 1 передней части ствола от времени работы при различной температуре сжатого воздуха

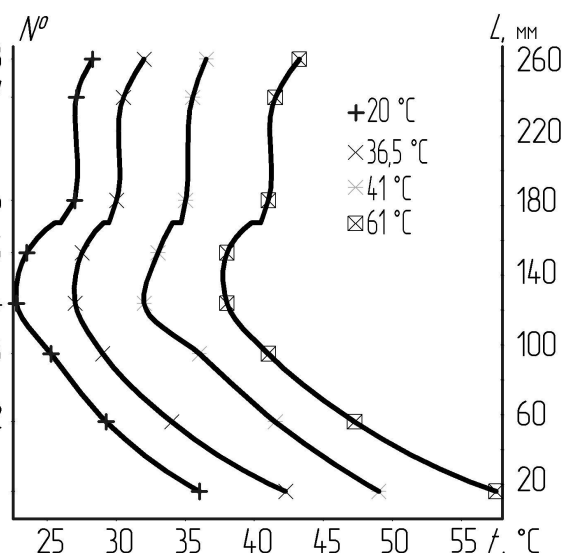


Рис. 3. Распределение температуры по длине образующей корпуса молотка М-6 при различной температуре сжатого воздуха, где N° – номер точки спая термопары

На рис. 4 приведен пример распределения температуры по поверхности корпуса молотка. На развертке нанесены линии равной температуры – изотермы и линии теплового потока, а в выхлопном окне проставлено значение температуры истекающего воздуха, измеренной термопарой на внешнем срезе окна. Температурное поле поверхности в верхней и нижней частях одномерное, а в районе выхлопных окон – двухмерное. Тепловые потоки направлены в сторону зоны выхлопных окон, где наблюдается наиболее низкая температура. Увеличение температуры в направлении нормали к изотерме в сторону возрастания температуры характеризуется градиентом температуры.

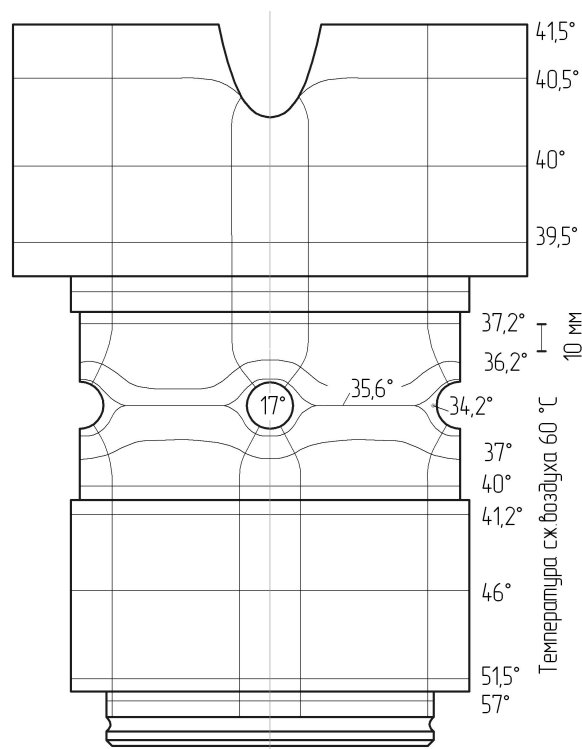


Рис. 4. Температурное поле поверхности молотка М-6

При подогреве сжатого воздуха температура истекающего из ствола воздуха на срезе выхлопного окна прямолинейно возрастает (рис. 5). Повышение температуры выхлопываемого воздуха является благоприятным фактором с точки зрения гигиены труда и микроклимата производственного помещения. Так при нагреве сжатого воздуха до 55 °С температура воздуха на выхлопе молотка М-6 повышается до 16 °С, что уже позволяет выполнить регламентацию санитарных норм [7].

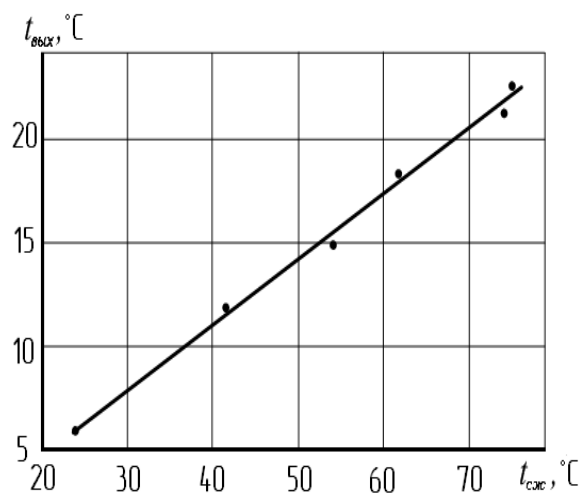


Рис. 5. Зависимость температуры воздуха на выхлопе от температуры сжатого воздуха

Исследовалось температурное поле рукояток рубильных молотков М-5 и М-6, клепального молотка КЕ-22. Градиент температур по поверхности рукояток молотков М-6 и М-5 находится в преде-

лах 1 °С и при подогреве сжатого воздуха до 80 °С – в пределах 2 °С. У закрытой скобовой рукоятки молотка КЕ-22 наблюдается заметный перепад температуры (рис. 6) между местом контакта руки оператора и поверхностью стояка рукоятки, внутри которого протекает сжатый воздух в ствол. Экспериментально установлено, что разница в толщине стенки рукоятки сравнительно мало влияет на тепловой поток. И если считать коэффициент теплопередачи постоянным, то можно утверждать, что степень нагрева поверхности рукояток молотков зависит только от температуры внутренней поверхности стенки рукоятки.

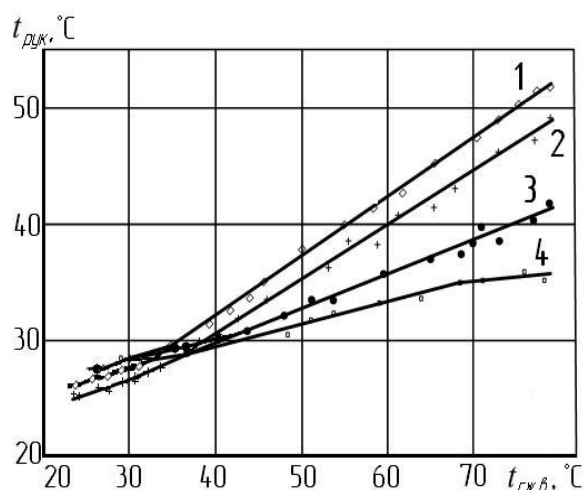


Рис. 6. Зависимость температуры поверхности рукояток молотков от температуры сжатого воздуха: 1) молоток М-5; 2) молоток М-6; 3, 4) на стояке и середине рукоятки молотка КЕ-22

Зависимость температуры рукоятки от температуры сжатого воздуха линейна (рис. 6), но при температуре воздуха до 37 °С имеется некоторое ее отклонение от прямолинейности из-за теплообмена с задней частью ствола молотка, где более высокая температура в рабочей камере и на поверхности. В общем случае температурный напор в стенке рукоятки обусловлен величиной расхода воздуха. Этим и объясняется интенсивность изменения температуры поверхности. Чем выше расход сжатого воздуха, тем больше угол наклона линий зависимостей (рис. 6).

При гигиенической оценке рукояток молотков достаточно измерить температуру в одной точке поверхности, а на закрытых скобовых рукоятках – на стенке стояка, в котором выполнен воздухоподводящий канал.

Используя полученные зависимости (рис. 6) можно определить граничную температуру сжатого воздуха с позиций гигиенических требований к температуре поверхности рукояток [6]. Для рукояток рубильных молотков М-5 и М-6 верхнее значение оптимального диапазона температуры поверхности в 32 °С достигается при температуре сжатого воздуха 40,5 и 43 °С соответственно, а предельная температура рукояток в 40 °С получается при температуре энергоносителя в 56 и 61 °С соответственно.

Заключение

Проведено экспериментальное исследование температурного поля поверхности молотка и установлены фактические значения температур поверхности корпуса и рукояток, а также истекающего воздуха при использовании нагретого сжатого воздуха.

В процессе работы тепловое состояние молотка изменяется. В начальный период времени наблюдается переходный диапазон изменения температуры поверхности корпуса. Температура поверхности передней части находится практически в прямой зависимости от времени, а скорость ее роста больше, чем при работе на нормальном воздухе. Квазистационарный режим изменения температуры наиболее быстро наступает в средней части ствола.

Использование горячего сжатого воздуха приводит к большему нагреву всей поверхности молотка и тем сильнее при прочих равных условиях, чем выше температура энергоносителя. Наиболее высокие значения температуры наблюдаются в нижней и верхних поперечных сечениях корпуса, где находятся основные источники тепла, а наименьшие — в сечениях ствола, проходящих в районе выхлопных окон.

Температурное поле поверхности молотка в верхней и нижней частях корпуса одномерное, а в районе выхлопных окон — двухмерное. Тепловые потоки направлены в сторону зоны выхлопных окон.

Температура выхлопываемого воздуха линейно возрастает при повышении температуры сжатого воздуха.

Температура рукояток находится в линейной зависимости от температуры сжатого воздуха, но при температуре до 37 °С имеется некоторое отклонение. Чем больше расход воздуха, тем выше температура рукояток.

Предельная температура рукояток М-5 и М-6 согласно санитарных правил в 40 °С достигается при температуре сжатого воздуха 56 и 61 °С соответственно.

Эксперименты показали, что градиент температуры по поверхности рукояток молотков М-6 и М-5 находится в пределах 1 °С, а при нагреве сжатого воздуха до 80 °С — в пределах 2 °С. Поэтому при гигиенической оценке молотков достаточно измерить температуру в одной точке поверхности рукоятки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 1. Методика исследования и рабочие процессы // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 2. — С. 42–44.
2. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 2. Изменение температуры по времени // Известия Томского политехнического университета. — 2008. — Т. 313. — № 2. — С. 45–47.
3. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 3. Температурное поле поверхности // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 314. — № 2. — С. 108–111.
4. Карабин А.И. Сжатый воздух. — М.: Машиностроение, 1964. — 343 с.
5. Глазов А.Н. Влияние эксплуатационных параметров на характеристики пневматических молотков // Известия Томского политехнического университета. — 2007. — Т. 310. — № 2. — С. 60–63.
6. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.2.2.1327-03. Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту // Кодекс [Электронный ресурс]: информационно-правовая база данных / ЗАО «Информационно-правовая компания Кодекс». — Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>. — 20.09.2008.
7. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8. 566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий // Кодекс [Электронный ресурс]: информационно-правовая база данных / ЗАО «Информационно-правовая компания Кодекс». — Режим доступа: <http://kodeks.lib.tpu.ru>. — 20.09.2008.

Поступила 24.09.2008 г.