

## К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОВОЛОКИ В КОНСТРУКЦИЯХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Борьба с шумом представляет собой задачу, имеющую непосредственное отношение ко всем областям техники и сферам деятельности человека в целом. Она заключается в создании и внедрении в практику устройств, препятствующих возникновению шума или ограничивающих его распространение. Одним из решений задачи может быть, например, установка глушителей в каналах, которыми пневмосистемы машин сообщаются с атмосферой. Здесь большое значение имеет конструкция глушителя. И все же, независимо от этого, весьма важно правильно выбрать звукопоглощающий материал, используемый в конструкции звукопоглощающего устройства. В современной промышленности наиболее эффективно работают глушители с элементами из пористых проницаемых материалов, обладающих системой связанных (сообщающихся) пор или небольших отверстий [1].

Применение проницаемых материалов (ПМ) связано в основном с их способностью пропускать через себя жидкости и газы. С целью обеспечения надежной работы в зависимости от условий эксплуатации устройств к ПМ, используемым в их конструкции, часто предъявляют повышенные требования в отношении прочности и производительности. А по причине того, что при распространении звуковых волн в поглощающем материале возникают потери, которые обусловлены вязким трением при движении воздуха в порах, а также теплообменом между воздухом в порах и материалом, звукопоглощающие материалы часто выполняют на металлической основе [1].

В зависимости от вида структурообразующих элементов, в частности, металлических, получают различные по своей структуре ПМ [2, 3]. Например, из порошков со сферическими или несферическими частицами изготавливают пористые порошковые материалы (ППМ), из рубленой проволоки или стружки — пористые волокнистые материалы (ПВМ), из проволочных спиралей — пористые материалы типа «металлорезина» (МР), из проволочных тканых или вязаных сеток — пористые сетчатые материалы (ПСМ), из непрерывного металлического волокна — пористые материалы на основе навиваемой проволоки (ПМНП) [3, 4].

Звукопоглощающие свойства ПМ определяются комплексом параметров, основными из которых являются изотропия свойств, пропускная способность или производительность, достаточная прочность и упругость материала. Это непосредственно связано с пористостью и равномерностью ее распределения в объеме материала, размером и равномерностью распределения пор, толщина стенки материала, сопротивление продуванию. Известно, что в качестве звукопоглощающих необходимо использовать материалы пористостью 0,6–0,7 и более, поэтому к их числу традиционно относят ПВМ, МР, ПСМ из вязаных сеток [1, 3]. Установлено также, что по своим эксплуатационным свойствам близки к ним новые ПМНП [5]. К достоинствам глушителей с элементами из перечисленных материалов следует отнести эффективность глушения шума выхлопа, высокую динамическую прочность, небольшие габаритные размеры при обеспечении требуемого эффекта.

Для сравнительного анализа прочности и производительности традиционных ПМ на металлической основе, наиболее эффективных с точки зрения звукопоглощения, с новым ПМНП, близким к ним по структуре и свойствам, из выбранного спектра материалов были изготовлены опытные образцы в виде трубок одинакового размера. Необходимым условием для корректного проведения испытаний были использованы соответствующие структурообразующие элементы с поперечным размером одного порядка.

Для сравнения пропускной способности различных материалов удобно использовать параметр эффективности, характеризующий производительность ПМ [3, 5, 6]:

$$E_1 = \sqrt{K}/a_{\max},$$

где  $K$  — коэффициент проницаемости;  $a_{\max}$  — максимальный размер пор.

Высокие показатели этого параметра возможны при обеспечении изотропии свойств ПМ [3]. Установлено [5, 6], что в диапазонах пористости, характерных для каждого из ПМ, по параметру эффективности  $E_1$  проволочные материалы значительно выше порошковых и волокнистых материалов и близки к сетчатым (рис. 1). Это объясняется тем, что проницаемость и регулярность поровой структуры выше у ПМ с волокнистой структурой на основе, во-первых, длинномерных, во-вторых, гладких структурообразующих элементов (проволоки, проволочных сеток) [3, 5]. Поскольку технологическое

управление равномерностью распределения пор в теле ПМ затруднено при использовании мелких рубленых волокон и порошков (тем более, неправильной формы).

Для сравнения механических свойств различных ПМ удобно пользоваться такой характеристикой прочности, как временное сопротивление [5, 7, 8]:

$$\sigma_B = \frac{p_{\max} \cdot D_0}{2 \cdot h},$$

где  $p_{\max}$  — предельное давление рабочей среды на стенку материала;  $D_0$  и  $h$  — соответственно внутренний диаметр и толщина стенки материала.

Высокие показатели этого параметра возможны при обеспечении глубоко проникающей связности структурообразующих элементов ПМ [7].

Установлено [5], что по прочности во всем своем диапазоне пористости проволочный материал превосходит порошковые и волокнистые материалы, а при пористости выше 50%, приближаясь по характеру изменения временного сопротивления к материалам из тканых сеток, превосходит материалы из вязаных сеток (рис. 2). Это объясняется тем, что разрушение ПМ с волокнистой структурой происходит в основном не по контактным участкам, как в порошковых материалах, а непосредственно по волокнам. И чем больше продольный размер используемого волокна, тем больше образуется контактных узлов между волокнами и тем выше прочность ПМ. Кроме того, глубоко проникающая связность волокон, а именно, проволоки в совокупности с возможностью не использовать термическую обработку при изготовлении ПМ способствует значительному повышению упругих свойств материала, что не мало важно для их применения в качестве звукопоглощающих элементов.

Таким образом, использование непрерывного металлического волокна (проволоки) в структуре ПМ способно обеспечить весьма высокие эксплуатационные показатели, связанные с пропускной способностью материала и его прочностными свойствами. Высокий уровень эффективности ПМНП по указанным критериям является необходимым условием при выборе материала для использования в конструкциях звукопоглощающих устройств.

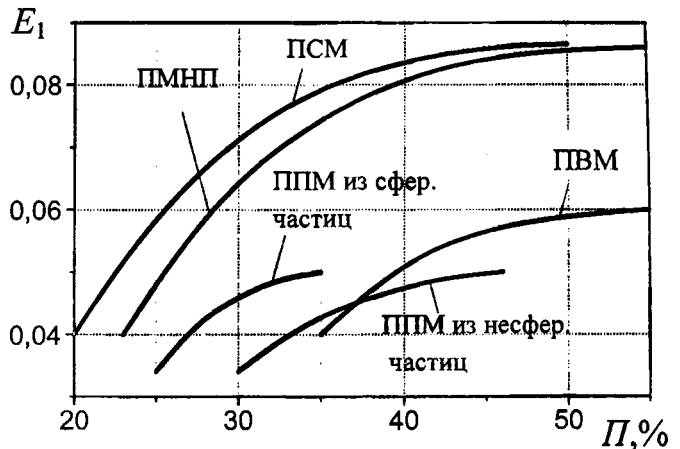


Рис. 1. Зависимость параметра эффективности (производительности) от пористости ПМ

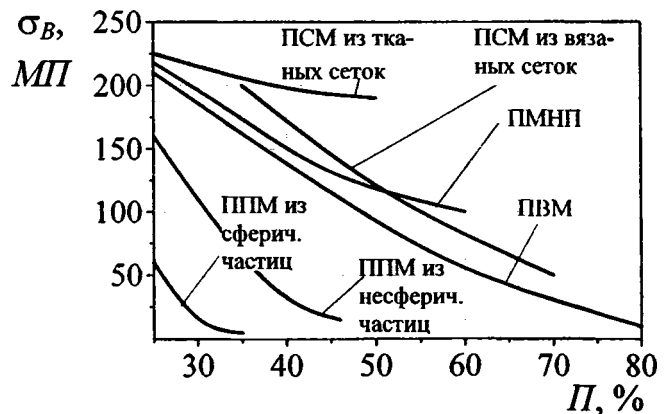


Рис. 2. Зависимость временного сопротивления от пористости ПМ

1. Погодин А.С. Шумоглушающие устройства. — М.: Машиностроение, 1973. — 176 с.
2. Влияние вида структурообразующих элементов дискретных материалов на механизм их прессования / Е.Е. Петюшик, А.Ч. Якубовский, Д.И. Божко и др. // Современные методы проектирования машин: Сб. трудов. — Мн., 2002. — Т. 2. — С. 280 – 283.
3. Пористые проницаемые материалы: Справочник / Под ред. С.В. Белова. — М.: Металлургия, 1987. — 335 с.
4. Якубовский А.Ч., Петюшик Е.Е. Технология получения пористых проволочных изделий // Материалы международного научного симпозиума. — Зелена Гура (Польша), 2001. — Т. Механика. — С. 247 – 252.
5. Петюшик Е.Е., Реут О.П., Якубовский А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки. — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 218 с.
6. Петюшик Е.Е. Оценка проницаемости деформированных проволочных материалов // Машиностроение. — Мн., 2004. — Вып. 20. — С. 354 – 357.
7. Эффективность спеченных проницаемых материалов различного назначения / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, В.В. Мазюк. // В кн. Порошковая металлургия. — Мн.: Вышэйшая школа, 1984. — Вып. 8. — С. 66 – 70.
8. Долинский Ф.В., Михайлов М.Н. Краткий курс сопротивления материалов. — М.: Высшая школа, 1988. — 432 с.

УДК 621.94.084

Клус С. А., Куликов И. С.

### НДС НЕРАВНОМЕРНО НАГРЕТОГО ПОЛОГО КОРОТКОГО ЦИЛИНДРА С УЧЕТОМ ТЕПЛОВОЙ И РАДИАЦИОННОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В настоящее время элементы конструкций, подвергаемые облучению и неравномерному нагреву, представляют определенный интерес с точки зрения напряженно-деформированного состояния. Учитывая, что в перспективе Республика Беларусь собирается реализовать свою собственную ядерную программу эта проблема является достаточно актуальной.

Радиационная и тепловая ползучесть конструкций активных зон ядерных реакторов является достаточно существенным фактором при оценке работоспособности тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), которые в большинстве случаев имеют форму цилиндров.

В данной работе рассматривается напряженно-деформированное состояние осесимметричного цилиндра в условиях объемных термических и радиационных деформаций с учетом ползучести.

Рассмотрим осесимметричное распределение напряжений и деформаций полого короткого цилиндра в условиях неравномерного нагрева, реакторного облучения, а также под действием равномерного внутреннего и внешнего давлений (рис.1).

Тогда в цилиндрической системе координат  $(r, Z)$  поле напряжений и деформаций имеет отличные от нуля компоненты  $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}$  (для упрощения примем  $\sigma_{13}$  и  $\varepsilon_{13}$  равным нулю). Введем относительные координаты  $\xi = Z / R_1$  и  $\rho = r / R_1$ , изменяющихся в пределах  $0 \leq \xi \leq L / R_1$  и  $1 \leq \rho \leq R_2 / R_1$ , где  $R_1, R_2$  — внутренний и наружный радиусы цилиндра;  $L$  — его высота,  $\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}$  — напряжения и деформации соответственно в радиальном, окружном и осевом направлениях.

В данном случае дифференциальные уравнения равновесия имеют вид [1]

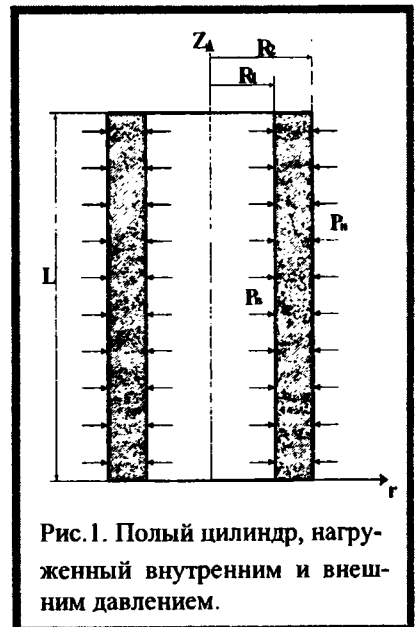


Рис.1. Полый цилиндр, нагруженный внутренним и внешним давлением.