

## Изменение динамического модуля упругости звукоизоляционной прокладки из минераловатных материалов в конструкции плавающего пола во времени

*А.И. Герасимов, А.М. Светлорусова*

*Московский государственный строительный университет, Москва*

**Аннотация:** В статье рассматриваются динамические характеристики минераловатных материалов (динамический модуль упругости и жесткости, приведенная динамическая жесткость) и влияние на них пористости и относительной деформации материала. Главной целью исследования является определение значения динамического модуля упругости с учетом его изменения со временем под действием длительной статической нагрузки для расчета изоляции ударного шума.

**Ключевые слова:** Минераловатный материал, динамический модуль упругости, прочность частей конструкции, звукоизоляция, предельные состояния, строительство.

В настоящее время при расчете звукоизоляции междуэтажных перекрытий от воздушного и ударного шума согласно стандарту ISO-717 (1.2) принимается начальное значение динамического модуля упругости материала упругой прокладки и не учитывается его значение во времени. Нормы DIN-4108 (Германия) рекомендуют учитывать изменение звукоизоляции междуэтажных перекрытий в процессе эксплуатации поправкой 2 дБ. [1-2]

Исследования динамического модуля упругости пористо-ячеистых и пористо-волокнистых материалов с различной плотностью при длительном сжатии, проведенные в течение более 30 лет в МГСУ-МИСИ и НИИСФ показали, что  $E_d$  может существенно увеличиваться во времени (до 3-х раз) по отношению к начальному значению.

Изменение физико-механических характеристик материалов, используемых в качестве упругих прокладок в конструкциях плавающего пола, в процессе эксплуатации происходит в основном за счет уплотнения материала, вызванного воздействием статической нагрузки. Динамическая нагрузка, вызванная ходьбой, перемещением мебели и т.п. практически не оказывает существенного влияния на деформацию материала. [3-5]

Влияние длительной нагрузки на изменение динамического модуля упругости (динамической жесткости) материала во времени возможно учесть коэффициентом  $K_t$ .

$$E_d(t) = E_{до} \cdot K_t \quad (1)$$

$$S'(t) = S_o \cdot K_t$$

где  $E_d(t)$  и  $S'(t)$  - динамические модули упругости и жесткости материала в момент времени  $t$  от начала воздействия нагрузки, полученные по результатам измерений резонансным методом или методом передаточной функции на низких частотах;

$E_{до}$  и  $S_o$  - тоже в момент времени  $t = 0$ .

Исследования А.И.Герасимова и А.П.Шолохова пористо-волокнистых материалов, проведенные в разные годы, позволили установить, что величина коэффициента  $K_t$  зависит в основном от пористости ( $\rho$ ) и относительной деформации материала ( $\epsilon$ ).

Пористость материалов в обжатом состоянии определяется по формуле

$$\rho = 1 - \rho_0 / \rho_F, \quad (2)$$

где  $\rho_0$  – плотность материала в обжатом состоянии,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_F$  – плотность материала волокна,  $\text{кг/м}^3$ , плотность минерального волокна  $\rho_F = 2700 \text{ кг/м}^3$ .

При одинаковой пористости материалов  $E_d$  ( $S'$ ) увеличивается во времени в большей степени у материалов, которые обладают большей деформацией. Анализ результатов исследований пористо-волокнистых материалов позволил получить эмпирическую формулу для определения коэффициента  $K_t$

$$K_t = \sqrt[5]{\left[\frac{1}{c \cdot p^3}\right]^5 \cdot \left(\frac{t}{30}\right)^{0,5} + 1}, \quad (3)$$

где  $c = (1-\varepsilon)$ ;

$t$  – время начала эксплуатации пола, годы.

30 лет – средний срок службы конструкции пола до капитального ремонта. Полы с покрытием из плит (искусственный мрамор). [6]

Динамический модуль упругости материала упругого слоя с учетом его изменения во времени под действием длительной статической нагрузки определяется по формуле

$$E_d(t) = E_{d0} \cdot \sqrt[5]{\left[\frac{1}{c \cdot p^3}\right]^5 \cdot \left(\frac{t}{30}\right)^{0,5} + 1}, \frac{H}{M^2} \quad (4)$$

а приведенная динамическая жесткость  $S'$  по формуле:

$$S'(t) = \frac{E_{d0}}{h_0} \cdot \sqrt[5]{\left[\frac{1}{c \cdot p^3}\right]^5 \cdot \left(\frac{t}{30}\right)^{0,5} + 1}, \frac{H}{M^3} \quad (5)$$

При расчете улучшения изоляции ударного шума используют величину приведенной динамической жесткости  $S'$ . Поэтому при анализе изменения звукоизоляционных свойств материала удобнее пользоваться непосредственно данной характеристикой. Это избавляет от необходимости учитывать в каждый момент времени изменение толщины материала упругой прокладки. [7-8]

В качестве примера на рис. 1,2 представлены рассчитанные по формуле (5) частотные характеристики приведенной динамической жесткости минераловатных плит КН  $\rho=40\text{кг/м}^3$  и ОЛ-К  $\rho=150\text{ кг/м}^3$  толщиной 20 мм в начальный момент времени ( $t=0$ ) (рис.1,2 кривая 1) и через интервал времени  $t=25$  лет (кривая 2).

Анализ частотных характеристик показал: у материалов с  $\rho=40$  кг/м<sup>3</sup>, при наличии значительной деформации ( $\varepsilon = 0,4$  при  $\sigma = 2 \cdot 10^3$  Н/м<sup>2</sup>),  $S'$  изменяется во времени более существенно. Чем материал с  $\rho=150$  кг/м<sup>3</sup>; во времени у материала малой плотности появляется зависимость  $S'$  от частоты и значения приведенной динамической жесткости приближаются к значениям  $S'$  материала с большей плотностью. Эти особенности в характере поведения минераловатных материалов во времени необходимо учитывать при выборе их для упругих прокладок. [9-10]

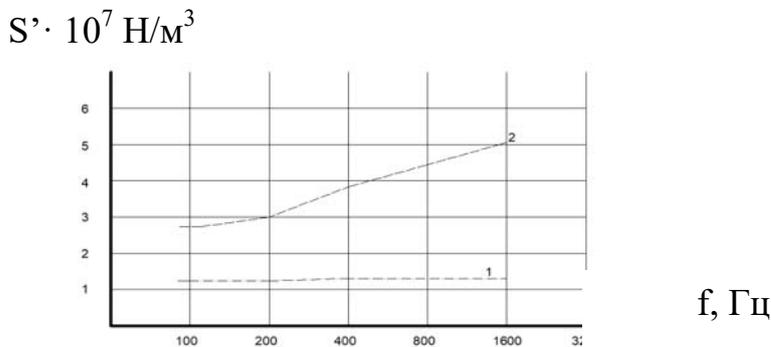


Рис. 1. Частотная характеристика  $S'$  минераловатных плит  $\rho = 40$  кг/м<sup>3</sup> (КН) толщиной 20 мм при  $\sigma = 2 \cdot 10^3$  Н/м<sup>2</sup>

1. Начальное значение  $t = 0$ ;
2. Через 25 лет ( $t = 25$  лет).

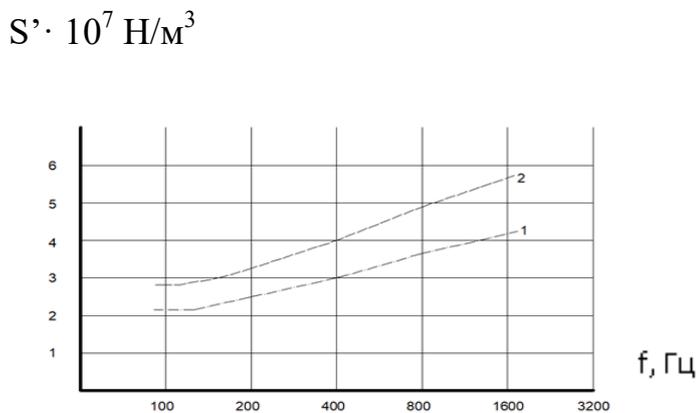


Рис.2. Частотная характеристика  $S'$  минераловатных плит  $\rho = 150$  кг/м<sup>3</sup> (ОЛ-К) толщиной 20 мм при  $\sigma = 2 \cdot 10^3$  Н/м<sup>2</sup>

1. Начальное значение  $t = 0$ ;
2. Через 25 лет ( $t = 25$  лет).

### Литература

1. Gerasimov A.I., Sholochov A.P. Research of the physical mechanical characteristics of the porous-fibrous materials Report, A.Ahlström, Helsinki, 1992. pp. 93-99
  2. J. V. Mander; M. J. N. Priestley; and R. Park, Fellow, ASCE. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete // Journal of Structural Engineering. Vol. 114, №8. 1988. URL: doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)
  3. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О прочности балок из тяжелого бетона при использовании стальной, углепластиковой и комбинированной арматуры, расположенной в два ряда // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2096
  4. Маилян Д.Р., Польской П.П., Мерват Х., Кургин К.В. О деформативности изгибаемых элементов из тяжелого бетона при двухрядном расположении углепластиковой и комбинированной арматуры // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2094
  5. Герасимов А.И. Звукоизоляционные и звукопоглощающие материалы и их применение в строительстве // Архитектура и строительство-ACADEMIA, 2009. - №5. - С.98-103
  6. Герасимов А.И., Никонова Е.В. Проектирование звукоизоляции конструкций междуэтажных перекрытий жилых зданий // Научное обозрение. – 2014. - №7. – С.108-112.
  7. Султанова И.П. Анализ методов планирования, управления и разработки организационно-технологических решений в проектах капитального строительства // Вестник МГСУ. 2015. № 7. С. 127-136.
  8. Заборов В.И. Теория звукоизоляции ограждающих конструкций. – М.: Госстройиздат. 1962. С. 110-118
-

9. Калинин В. М., Сокова С. Д. Оценка технического состояния зданий. /М: ИНФРА-М. Т. 268. 2005. с.4-6.
10. Системы для надёжной, безопасной и эффективной эксплуатации зданий. URL:sodislab.com/rus/about/

### References

1. Gerasimov A.I., Sholochov A.P. Research of the physical mechanical characteristics of the porous-fibrous materials Report, A.Ahlström, Helsinki, 1992. pp. 93-99
2. J. B. Mander; M. J. N. Priestley; and R. Park, Fellow, ASCE. Journal of Structural Engineering. Vol. 114. №8. 1988. URL: doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804)
3. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P., Mervat H., Kurgin K.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2096
4. Mailjan D.R., Pol'skoj P.P., Mervat H., Kurgin K.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2094
5. Gerasimov A.I. Arkhitektura i stroitel'stvo-ACADEMIA.2009. №5. pp. 98-103
6. Gerasimov A.I., Nikonova E.V. Nauchnoe obozrenie. 2014. №7. pp.108-112.
7. Sultanova I.P. Vestnik MGSU. 2015. No. 7. pp. 127-136.
8. Zaborov V.I. Teoriya zvukoizolyatsii ograzhdayushchikh konstruktsiy [Theory of sound insulation enclosing structures]. M.: Gosstoroyizdat.1962. pp. 110-118
9. Kalinin V.M., Sokova S.D. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy [Evaluation of the technical condition of buildings]. M: INFRA-M. Т. 268. 2005. pp.4-6.
10. Systems for reliable, safe and efficient operation of buildings [Systems for reliable, safe and efficient operation of buildings]. URL:sodislab.com/eng/about/