



Рисунок 5 – Покрытые азотнокислым серебром образцы в среде бактерий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор метода электроспиннинга основан на том, что данный метод отличается аппаратурной простотой, высокой энергетической эффективностью производства нановолокон, универсальностью к материалам и гибкостью в управлении процессом.

В ходе исследований нами выявлено, что образцы основовязаного трикотажа, покрытые нановолокном с азотнокислым серебром в десять слоев, с толщиной 3,5 микрона, обладают бактерицидными свойствами. Они позволяют облегчить работу медиков и ветеринарных работников при оказании лечебной помощи.

Список использованных источников

1. Qi, H.J. Determination of mechanical properties of carbon nanotubes and vertically aligned carbon nanotube forests using nanoindentation. / Qi H. J., Teo KBK, Lau KKS, Boyce M. C., Milne W.I., Robertson J., Gleason K. // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2003. – Volume 51, № 11 – 12. – P. 2213-2237.
2. Burger, C. Nanofibrous materials and their applications / C. Burger, B.S.Hsiao, B. Chu // Annu. Rev. Mater. Res. – 2006. – 336.–P.368.
3. Филатов, Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ- процесс) / под ред. В. Н. Кириченко. – Москва: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997.

УДК 677.017:534.212

РАСЧЕТ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ЛЬНОСОДЕРЖАЩЕГО ТРИКОТАЖА

*Башков А.П. проф., Натертышев И.Ю. асп., Румянцева О.С. асп.,
Бариков Д.А. студ.,
Ивановский государственный политехнический университет,
г. Иваново, Российская Федерация*

В последние годы текстильные композиты широко используются в качестве отделочных панелей, а иногда и конструкционных материалов транспортных средств, что заставляет оценивать не только их прочностные характеристики, но и способность противостоять механическим колебаниям на звуковых и более высоких частотах. В качестве текстильной основы таких композитов предлагается использовать основовязаное полотно из льняной пряжи. Трикотажные структуры из льноволокна обеспечивают не только глубокое формование композитных деталей, но и обеспечивают лучшие вибро- звукопоглощающие свойства композита. Для прогнозирования акустических свойств звукопоглощающей панели можно использовать зависимости, полученные при решении волнового уравнения Гельмгольца [1]

$$\nabla^2 \phi + \frac{\omega^2}{c^2} \cdot p = 0, \quad (1)$$

где ∇^2 – оператор Лапласа; $\omega = 2\pi f$ – волновая частота; f – частота звука; p – акустическое давление; ϕ – потенциал скорости

$$\phi = a \cos(\mu y) \cdot e^{-\gamma x}, \quad (2)$$

где μ и γ – параметры, удовлетворяющие равенству $\mu^2 - \gamma^2 = \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 \equiv k^2$, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, определяющее параметр распространения волны; λ – длина волны.

Функция (2) может быть разделена на действительную и мнимую части, тогда с учетом (1), можно определить звуковое давление p и колебательную скорость v

$$\begin{aligned} p &= p_0 \exp [i(\omega t - kx)]; \\ v &= v_0 \exp [i(\omega t - kx)]. \end{aligned} \quad (3)$$

где $i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Звукопоглощающие свойства материала можно оценивать его волновым сопротивлением (или волновым импедансом) W , которое равно отношению звукового давления к колебательной скорости v частиц, т.е

$$W = p/v = \rho c, \quad (4)$$

где ρ – плотность материала. При наличии плоской волны волновое сопротивление приближается к акустическому импедансу Z_a , который, в свою очередь, связан с механическим импедансом Z_m следующим соотношением, $Z_m = S^2 Z_a$.

Принимая граничное условие $y = \pm H$ (H – размер панели), из уравнения (1) получим дисперсионное уравнение

$$\frac{\operatorname{ctg}(\mu_H)}{\mu_H} = -i \frac{Z_m}{\rho \omega H}, \quad (5)$$

где $\mu_H \equiv \mu H$.

Применительно к звукопоглощающей панели можно считать, что величина импеданса Z_m не зависит от волновой структуры акустического поля. Тогда параметр распространения будет $\gamma = i(\omega/\dot{c})$, где \dot{c} – комплексная скорость звука в материале.

При этом звуковое давление будет определяться выражением $p = -\gamma W \phi$

Величина зависимостей γ и W определяется структурой и физическими свойствами пористого звукопоглощающего материала. Для волокнистых материалов основным характерным параметром материала служит удельное аэродинамическое сопротивление r , определяемое как перепад давлений, требуемый для продувания слоя материала единичной толщины с единичной среднерасходной скоростью. В этом случае, акустические характеристики γ и W можно представить как функцию приведенных характеристик γ/k и $W/\rho c$ от безразмерной частоты pf/r .

В простых случаях без большой погрешности можно использовать эмпирические зависимости [2]

$$\frac{\gamma}{k} = 0,189 \left(\frac{pf}{r} \right)^{-0,595} + i \left[1 + 0,0978 \left(\frac{pf}{r} \right)^{0,700} \right], \quad (6)$$

$$\frac{W}{\rho c} = \left[1 + 0,0571 \left(\frac{pf}{r} \right)^{-0,754} \right] - i \cdot 0,087 \left(\frac{pf}{r} \right)^{-0,732} \quad (7)$$

Эта модель приближенно соответствует сотовым звукопоглощающим панелям, причем звуковая волна распространяется перпендикулярно сечению сот. При этом характерный размер нормально ориентированной сотовой ячейки звукопоглощающей панели должен быть достаточно мал по сравнению с длиной волны. Этим требованиям отвечают композиты в виде ламинированных текстильных полотен. Трикотажное полотно в данном случае наиболее предпочтительно, поскольку ячейки-соты трикотажной структуры более рельефны, чем на ткани. Ориентация фрагментов ячейки (нитей в петлях) многоосная, что гасит стоячие волны в ячейке и препятствует резонансным явлениям. Кроме этого, льняное волокно, входящее в состав текстильного каркаса, само по себе обладает более высоким коэффициентом звукопоглощения, чем полимерные или стеклянные волокна.

Акустический импеданс в этом случае можно определить по формуле

$$Z_a = W \operatorname{cth}(\gamma B), \quad (8)$$

где B – полутолщина панели, $\operatorname{cth}(\gamma B)$ – мнимая часть импеданса.

Расчеты по формулам (6) и (7) показали, что, начиная со значений $pf/r > 0,02$, величины $\frac{W}{\rho c} = 1$ и $\frac{\gamma}{k} = 1$

практически не зависят ни от частоты звука, ни от плотности материала. Величина параметра r меняется для различных волокнистых материалов в широких пределах – от 2×10^3 до 2×10^5 Па·с/м [2], но, даже если брать максимальное значение r , то только в октавной полосе со среднегеометрической частотой 63 Гц оно будет оказывать какое-нибудь значимое влияние на W и k . Тогда

$$Z_a = \rho c \operatorname{cth}(kB) = \rho c \operatorname{cth}\left(\frac{2\pi fB}{c}\right) \quad (9)$$

В этом случае задача сводится к корректному определению скорости звука в материале. Продольная скорость звука определяется по формуле [3]

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{1-\mu}{(1+\mu)(1-2\mu)}}, \quad (10)$$

где E – модуль Юнга (для льняной пряжи $1,95 \times 10^6$ Па); μ – коэффициент Пуассона (для льна 0,45); ρ – объемная плотность (у льняной пряжи 90 кг/м^3). При этих значениях $c = 403 \text{ м/с}$. При толщине материала 4 мм импеданс на частоте 1000 Гц составит $583 \times 10^3 \text{ Н/(м}\cdot\text{с)}$ (для воздуха $4,2 \times 10^3 \text{ Н/(м}\cdot\text{с)}$).

Коэффициент звукопоглощения α связан со скоростью звука в материале следующим выражением [1], [4], полученным из формулы Стокса-Кирхгофа

$$\alpha = \frac{2\omega^2 \eta}{3\rho c^3 \operatorname{cth}\left(\frac{2\pi fB}{c}\right)}, \quad (11)$$

где η – коэффициент сдвиговой вязкости, зависящий также от частоты колебаний.

Для лубяных волокон на частоте 1000 Гц $\eta = 560 \text{ Па}\cdot\text{с}$, при этом, значение $\alpha = 0,98$. В реальности значение η также зависит от частоты, поэтому экспериментальные зависимости α от частоты несколько иные – кривые 2 и 3 (рис. 1).

С целью определения звукопоглощения льносодержащего трикотажа экспериментальные образцы были испытаны в малой реверберационной камере в соответствии с ГОСТ 26417-85. Определялось снижение уровня звукового давления за счет звукопоглощения двух слоев ткани из стеклонити (образец 1) поверхностной плотности 180 г/м^2 (основа 68 текс, уток 140 текс) и трикотажа в два слоя из льняной пряжи 84 текс поверхностной плотности 240 г/м^2 (образец 2). Звукопоглощающая облицовка составляла 46% площади внутренней поверхности камеры. Полученные звуковые спектры приведены в табл.

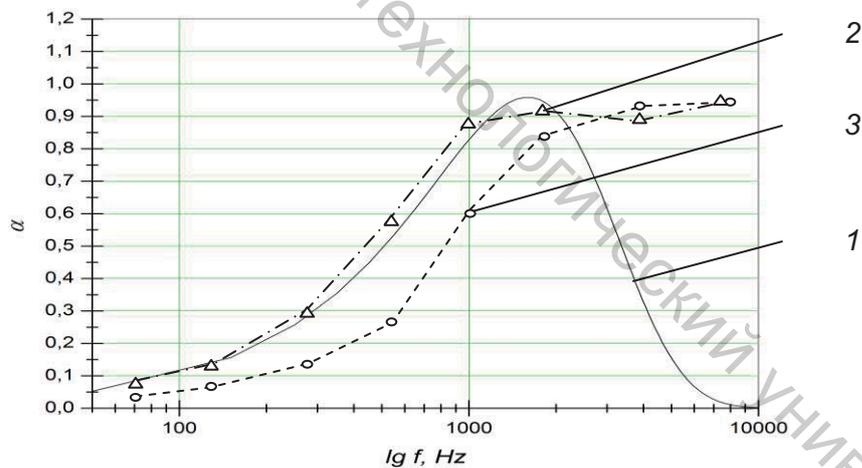


Рис. 1. Коэффициент звукопоглощения: 1 – график функции (11);
2 – экспериментальная зависимость для ячеистой структуры;
3 – экспериментальная зависимость для сплошной структуры

Таблица – Измерение звукопоглощающей способности текстильных образцов

Вариант	Уровень звукового давления по предельному спектру, дБ в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц								Эквивалентный уровень, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Без звукоизоляции	70	75	85	100	102	101	88	76	92
Со звукоизоляцией образец № 1	70	70	82	92	92	91	80	70	88
Со звукоизоляцией образец № 2	69	68	80	88	86	85	76	69	82

ВЫВОДЫ

1. Трикотажный льносодержащий образец показал лучшую звукопоглощающую способность.
2. Снижение уровня звукового давления на основных октавах соответствует расчетным значениям акустического импеданса и коэффициентов звукопоглощения.

Список использованных источников

1. Красильников, В. А. Введение в физическую акустику / В. А. Красильников, В. В. Крылов. – М. : Наука, 1984. – 403 с.
2. Delany, M. E., Bazley, E. N. Acoustical properties of fibrous absorbent materials. Applied Acoustics v.3, 1970, pp. 105 - 116.
3. Ржевкин, С. Н. Курс лекций по теории звука / С. Н. Ржевкин. – М. : Издательство московского университета, 1960. – 336 с.
4. Соловьянова, И. П. Теория волновых процессов: Акустические волны / И. П. Соловьянова, С. Н. Шабунин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 142 с.

УДК 677.075:625.877

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРИКОТАЖНЫХ ГЕОПОЛОТЕН С УЧЕТОМ ДАВЛЕНИЯ ГРУНТА

**Башкова Г.В., проф., Башков А.П., проф., Алешина Д.А., доц., Соколова С.В. асп., Сарыбаева Э.Е., асп.,
Ивановский государственный политехнический университет,
г. Иваново, Российская Федерация**

Целью данного исследования стало определение параметров моделирования системы сетка-грунт, где авторами выделены следующие процессы:

- фиксация частиц грунта силами трения о нити при сползании за счет сил тяжести;
- фиксация при движении частиц грунта за счет аэродинамической силы при воздействии ветра, в обоих случаях, как в сухом, так и в переувлажненном состоянии;
- фиксация при кинетическом воздействии дождевой капли;
- фиксация при переносе частиц потоками воды.

Во всех перечисленных случаях необходимо учитывать дополнительную ситуацию, при которой заклинивание в ячейках сетки крупных частиц создает дополнительный эффект фиксации для мелких частиц, при этом создаются подпорные микростенки и микроплотины, распределяющие равномерно нагрузки на грунт и сетку и разделяющие потоки воды на микроструи. Результатом такого моделирования должно стать обоснование структуры полотна, в частности, размеров и периодичности ячеек, необходимых фрикционных свойств полотна и нитей, механических и гигроскопических свойства полотна. Размер ячейки должен быть достаточным для прорастания травянистых стеблей при образовании дерна, для размещения в ней такого количества частиц грунта, при котором происходит фиксация нити и уменьшение ее зажимной длины при растяжении под нагрузкой, фиксация самих частиц при взаимном трении и трении о нить. В то же время, слишком большая ячейка не создаст условий для многочисленных контактов между нитями и частицами грунта, не защитит эти частицы от напора ветра и водяных потоков, от ударов дождевых капель, а разреженная (открытая) текстильная структура, хоть и дешевле, но меньше по прочности. Большое влияние на фиксацию грунта оказывает также линейная плотность и структура нити. Толстая, рыхлая и ворсистая нить создаст условия для проникновения в тело пряжи острых кромок частиц грунта и их заклинивания между геосеткой и грунтом, а также для лучшего дренажа и фильтрации влаги. Фильтрационные процессы, как известно [1], способствуют уплотнению грунта. Льняная пряжа с вложением отходов как раз соответствует этим требованиям.

Для этого необходимо выявить усилие, возникающее при взаимодействии частиц грунта с нитями. Можно представить эти частицы в виде простейших геометрических фигур, кубов или шаров, что соответствует действительности для большинства мелкообломочных грунтов (песков, супесей), характерных для европейской территории России. При этом размер частицы колеблется в пределах от 0,25 до 2 мм в поперечнике. Активное давление сыпучего тела (грунта) на элемент трикотажного полотна можно определить, используя метод В.В. Соколовского. Пусть в пределах одного элемента трикотажа (дуги петли) 1 радиусом R заключен элементарный объем грунта на склоне в виде цилиндра 2 (рис. 1). В предельном состоянии часть грунта начнет сползать по плоскости среза S , наклоненной к горизонту под углом θ , при этом на единицу длины элемента трикотажа со стороны грунта будет действовать сила Q под углом φ к нормали поверхности контакта (для упрощения рассуждений можно считать угол φ равным углу склона насыпи). В этом случае можно записать следующее выражение [2, 3]

$$Q = G \tan(\theta - \varphi) = \frac{\gamma h^2}{2} \left(1 - \frac{h}{3R} \cot \theta \right) \cot \theta \cdot \tan(\theta - \varphi), \quad (1)$$

где G – масса сыпучего тела, h – высота подпорной стенки, образованной заглубленным в грунт элементом трикотажа, равная примерно толщине трикотажа со слоем присыпки.