

Ю.В. Сытый¹, В.А. Сагомонова¹, В.И. Кислякова¹, В.А. Большаков¹

НОВЫЕ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для уменьшения отрицательного воздействия вибрации на пассажиров, пилотов и микроэлектронику самолетов используются вибропоглощающие материалы. В ВИАМ выпускаются вибропоглощающие материалы на основе термопластов и термоэластопластов, обладающие высокими демпфирующими свойствами.

Ключевые слова: вибропоглощение, шум, вибрация, вибропоглощающие материалы, коэффициент механических потерь, термоэластопласт.

Y.V. Syty¹, V.A. Sagomonova¹, V.I. Kislyakova¹, V.A. Bolshakov¹

NOVEL VIBROABSORBING MATERIALS

The vibroabsorbing materials are used for decreasing the negative effect upon passengers, pilots and aircraft electronics. VIAM produces vibroabsorbing materials based on thermoplastics and thermoelastoplastics, possessing high damping properties.

Keywords: vibroabsorption, noise, vibration, vibroabsorbing materials, mechanical loss coefficient, thermoelastoplastic.

¹ Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

Снижение вибрации и повышение акустической комфортности в кабине экипажа и пассажирском салоне является одним из факторов, определяющих конкурентоспособность самолетов. Один из эффективных способов снижения уровня шума и вибрации в кабине экипажа и пассажирском салоне – применение вибропоглощающих материалов в виде покрытий, которые наклеиваются на внутреннюю поверхность панелей фюзеляжа, перегородки и другие конструкции самолета, испытывающие повышенный уровень виброакустических нагрузок.

Наиболее эффективными вибропоглощающими материалами (ВПМ) являются полимерные материалы, обладающие способностью к диссипации внешней акустической энергии, обусловленной особенностями их молекулярного и надмолекулярного строения. В основном, в авиации для демпфирования применяются каучуки, резины и слоистые материалы на их основе.

Для количественной оценки демпфирующих свойств полимерных материалов используют тангенс угла механических потерь ($\text{tg}\delta$), коэффициент механических потерь (η), компоненты комплексного модуля упругости – динамический модуль упругости (E') и динамический модуль механических потерь (E''). Эти характеристики связаны между собой соотношением $\text{tg}\delta = \eta = E''/E'$ [1].

Наиболее часто способность к поглощению механических колебаний материала характеризуют с помощью коэффициента механических потерь. Известно, что коэффициент механических потерь полимеров не является константой, он значительно зависит от температуры и частоты колебаний [2]. В связи с этим значения $\text{tg}\delta$ принято приводить при определенной температуре и частоте.

Кроме высокого коэффициента механических потерь, вибропоглощающие материалы, предназначенные для применения в авиации, должны иметь оптимальную плотность, адгезию, стойкость к воздействию повышенной влажности и температуры, низкое водопоглощение, отвечать требованиям пожарной безопасности по горючести, а также быть экологичными и технологичными. Очевидно, что вышеперечисленные требования значительно сужают круг возможных исходных полимерных материалов для создания ВПМ авиационного назначения.

Существуют разнообразные подходы к созданию материалов, характеризующихся высоким вибропоглощением в широком диапазоне температур, на основе полимеров: сополимеризация, создание взаимопроникающих сеток (ВПС) и полу-ВПС, введение наполнителей и других добавок, структурирование и создание слоистых ВПМ.

В последние десятилетия ведется поиск новых вибропоглощающих полимерных материалов, способных заменить каучуки и резины. При исследованиях наибольшее внимание уделяется разработке ВПМ на основе термоэластопластов ввиду их высокой эластичности, в том числе при отрицательных температурах (до -60°C), и способности (в отличие от резин) перерабатываться литьем под давлением и экструзией как обычные термопласты.

В ВИАМ разработаны листовые вибропоглощающие материалы марок ВТП-1В и ВТП-2В на основе термоэластопластов и термопластов.

Вибропоглощающий листовый материал ВТП-1В получают методом экструзии расплава композиции на основе термоэластопласта со специальными добавками, повышающими атмосферостойкость и пожаробезопасность. Материал ВТП-1В рекомендуется для применения в качестве покрытий, эластичных имитаторов силовых элементов фюзеляжа и вибродемпфирующих прокладок, работающих в диапазоне температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$.

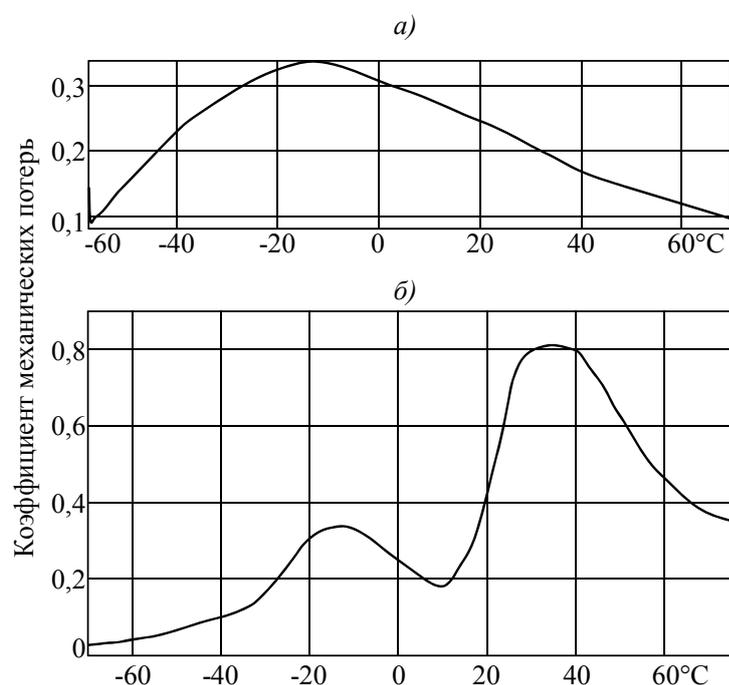


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента механических потерь вибропоглощающих материалов ВТП-1В (а) и ВТП-2В (б) в условиях сдвигового нагружения при частоте 100 Гц

Слоистый вибропоглощающий листовый материал ВТП-2В состоит из слоя листового материала ВТП-1В, адгезионного слоя из модифицированного поливинилацетата ВПС-2,5 и армирующего слоя алюминиевой фольги, усиленной стеклотканью. Материал ВТП-2В предназначен для работы в интервале температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ и рекомендуется для применения в качестве покрытий панелей фюзеляжа в местах повышенной виброакустической нагрузки.

Коэффициент механических потерь вибропоглощающих материалов определяли на динамическом механическом анализаторе DMA/SDTA 861 фирмы «Mettler Toledo» в условиях

динамического сдвигового нагружения в диапазоне температур от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ при частоте 100 Гц, а также в условиях трехточечного изгиба комбинированных образцов ВПМ, наклеенных на металлическую подложку из алюминиевого сплава толщиной 1 мм. На рис. 1 приведены температурные зависимости коэффициентов механических потерь вибропоглощающих материалов ВТП-1В и ВТП-2В при частоте 100 Гц в условиях сдвигового нагружения. На рис. 1, *а* наблюдается один пик при температуре около -15°C , на рис. 1, *б* – два пика при температурах около -15 и $+38^{\circ}\text{C}$.

Известно [3], что полимерный материал обладает максимальными значениями механических потерь и соответственно максимальной способностью поглощать механическую энергию в температурном интервале $T_c - T_t$ (где T_c – температура стеклования, T_t – температура текучести). Из приведенных графиков следует, что введение поливинилацетата (ПВА) в состав материала ВТП-2В повышает диссипативные свойства материала в области повышенных температур. Такой эффект объясняется тем, что первый из пиков, лежащий в области отрицательных температур, соответствует температуре стеклования полиуретанового слоя (-25°C), а второй пик относится к области стеклования слоя на основе ПВА (28°C), за счет чего и повышается коэффициент механических потерь материала ВТП-2В в области повышенных температур. Таким образом, направленный выбор состава вибропоглощающего материала позволяет изменять не только температурную область эффективного вибропоглощения, но и влиять на величину коэффициента механических потерь.

Разработанные вибропоглощающие материалы ВТП-1В и ВТП-2В имеют водопоглощение $<2\%$, являются грибостойкими, не вызывают коррозии алюминиевых сплавов и приклеиваются с помощью клеев холодного отверждения ПУ-2 и ВК-27. Свойства разработанных ВПМ в сравнении с аналогом (резина В-14 на основе нитрильного каучука) приведены в таблице.

Сравнительные свойства вибропоглощающих материалов и резины В-14

Свойства	Значения свойств материалов		
	ВТП-1В	ВТП-2В	В-14
Коэффициент механических потерь в условиях сдвигового нагружения при комнатной температуре и частоте 100 Гц	0,2–0,25	0,35–0,40	0,14
Коэффициент механических потерь комбинированных образцов в условиях трехточечного изгиба при комнатной температуре и частоте 100 Гц	0,08–0,10	0,10–0,12	–
Температура эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$	-60÷+80		-40÷+80
Поверхностная плотность, $\text{кг}/\text{м}^2$, при толщине материала $1,5$ мм	1,68	1,75	2,0
Горючесть	Самозатухающий		

Акустические испытания натурной панели фюзеляжа пассажирского самолета Ил-96 в камере АИ-3 (ФГУП «ЦАГИ»), проведенные ведущим научным сотрудником А.А. Ткачевым, показали, что применение вибропоглощающих материалов ВТП-1В и ВТП-2В в виде покрытий с поверхностной плотностью $\sim 1,7$ $\text{кг}/\text{м}^2$ позволяет повысить звукоизоляцию панели фюзеляжа на $2-9$ дБ в диапазоне частот от 125 до 6300 Гц при комнатной температуре (рис. 2).

Коэффициент механических потерь комбинированных образцов в условиях трехточечного изгиба ниже результатов испытания материалов в условиях сдвигового нагружения из-за влияния подложки из металла, который имеет низкий коэффициент механических потерь.

Вибропоглощающий материал ВТП-1В поставляется ВИАМ по ТУ 1-595-9-771–2004 в виде рулонов с толщиной материала от 0,5 до 5,0 мм и шириной 330 мм, а также в виде профилей прямоугольного сечения. Вибропоглощающий материал ВТП-2В поставляется по ТУ 1-595-9-884–2006 в виде листов размером 450×700 мм толщиной $1,5 \pm 0,2$ мм.

В настоящее время вибропоглощающий материал ВТП-1В применяется на нескольких пассажирских самолетах Ту-214 и Як-42, в изделиях ОАО «Красноярский машиностроительный завод», а также проходит стендовые испытания на изделия Т-50 ОКБ «Сухого».

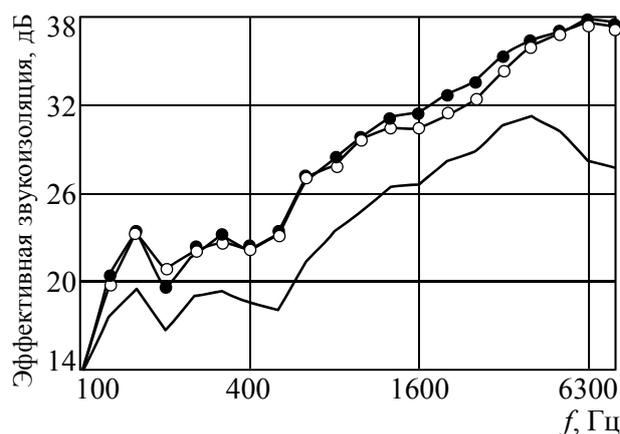


Рис. 2. Результаты акустических испытаний натурной панели фюзеляжа самолета Ил-96 с облицовкой из материалов ВТП-1В (○) и ВТП-2В (●); — необлицованная панель

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Фомин Н.Е. Вибропоглощающие композиционные материалы. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та. 2001. 95 с.
2. Черкасов В.Д., Юркин Ю.В., Надькин Е.А. Вибропоглощающие материалы экстра-класса. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та. 2007. С. 17–19.
3. Ионов А.В. Средства снижения вибрации и шума на судах. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ им. А.Н. Крылова. 2000. 123 с.

REFERENCES LIST

1. Solomatov V.I., Cherkasov V.D., Fomin N.E. Vibropogloshhajushhie kompozicionnye materialy [Vibration absorbing composite materials]. Saransk: Izd-vo Mordovskogo un-ta. 2001. 95 S.
2. Cherkasov V.D., Jurkin JU.V., Nad'kin E.A. Vibropogloshhajushhie materialy jekstra-klasse [Vibration absorbing materials of extra-class]. Saransk: Izd-vo Mordovskogo un-ta. 2007. S. 17–19.
3. Ionov A.V. Sredstva snizhenija vibracii i shuma na sudah [Means of reducing vibration and noise on ships]. SPb.: GNC RF CNII im. A.N. Krylova. 2000. 123 S.