

Исследование влияния наполнителей и модификаторов на демпфирующие свойства материала на основе ПВА

В.Д. Черкасов¹, М.В. Тюрин¹, В.В. Авдонин²

¹*Национальный исследовательский Мордовский государственный университет*

²*Вятский государственный университет*

Аннотация: Современный мир невозможно представить без средств технического передвижения, широкой механизации и автоматизации производственных процессов. Механизмы источают вредные шумы и вибрацию, которые пагубно влияют на организм человека. Было создано множество материалов, которые поглощают вредные шумы и вибрацию. Широко применяются вибропоглощающие материалы в повседневной жизни. Они наносятся на детали автомобилей, корпуса поездов и самолетов со внутренней стороны. Защитить дно автомобиля и поезда помогает антикоррозийное покрытие. Оно может служить еще одним уровнем защиты от шума и вибрации. В основе вибропоглощающего материала, как и в антикоррозийном покрытии, лежит вязкоупругий слой, который, в свою очередь, модифицируют путем введения наполнителей и пластификаторов. Отличием вибропоглощающего материала от антикоррозийного служит то, что для большего увеличения своих вибропоглощающих свойств материал иногда армируют.

В статье представлены результаты исследований мастичного материала с такими наполнителями как слюда молотая флогопит СМФ-123, формиат кальция, melflux 1641F, melflux 4930F, melflux 6681F. В качестве объекта исследования выбрана стальная пластина с нанесенной на нее мастичным материалом. В основе матричного материала был использован поливинилацетат, в который вводилась эпоксидная смола и дибутилфталат. Коэффициент потерь материала определяли резонансным методом, сущность которого заключается в возбуждении у образца поперечных колебаний. Разработана вибропоглощающая мастика, подобраны эффективные наполнители и пластификатор для нее. Представлена зависимость вибропоглощающих свойств от количества вводимой эпоксидной смолы, пластификатора и влияния толщины слоев.

Ключевые слова: поливинилацетат, эпоксидная смола, вибропоглощающий мастичный материал, демпфирование, коэффициент потерь.

Введение

Современный мир – мир технического прогресса, важной ветвью которого являются средства передвижения, производственная техника и механизмы. В настоящее время мы не можем представить свою жизнь без машин, самолетов, поездов, широкой механизации и автоматизации производственных процессов, но к сожалению, они не являются абсолютно безопасными. Шум и вибрация, которую они производят, пагубно влияют на организм человека, а станки на производстве вызывают такие заболевания

как вибрационная болезнь и тугоухость. Из-за этого возникла необходимость их устранения, так как они воздействуют на конструкции, людей и оборудования. В большей степени эта проблема актуальна в машиностроении, так как снижение вибрации и шума приводит к повышению комфортности в салоне автомобиля. Источник вибрации исходит из работы двигателя, агрегатов автомобиля и кузова [1].

Одним из эффективных способов снижения вредных вибраций и шумов является применение в конструкции материалов с повышенными виброшумопоглощающими свойствами. Широко применяются два способа вибропоглощения: вибропоглощающие материалы и вибропоглощающие конструкционные материалы [2]. Вибропоглощающий материал наносят на возбудимую вибрацией готовую конструкцию для увеличения в них потерь энергии вибрации. В свою очередь вибропоглощающий материал делится на две составляющие: вибропоглощающие покрытия и вибропоглощающая мастика. Из вибропоглощающих конструкционных материалов изготавливают конструкции с высокими вибропоглощающими свойствами [3].

Одним из действенных методов снижения шума и вибрации в салоне автомобиля – использование со внутренней стороны виброшумопоглощающих покрытий, наносимых на двери и кузов автомобиля. Но не стоит забывать о внешней защите кузова. Мастика, применяемая для обработки днища автомобиля, также может служить еще одним уровнем защиты от вредного воздействия вибрации и шума, а также обеспечить надежную защиту от ржавления и механических повреждений и продлит срок службы автомобиля.

Несмотря на многочисленные вибропоглощающие материалы, за основу взят единый принцип состава – это вязкоупругий материал (битум, полимерно-битумные композиции, бутилкаучуки и т.п.) [4, 5]. Полимерные

вибропоглощающие материалы находят все большее применение защите от вибрации. Ослабление вибрации может быть достигнуто путем увеличения потерь энергии вибрации конструкции при нанесении на нее покрытия из материала с повышенным внутренним трением [5]. Из всех материалов, наносимых на конструкцию, особое внимание заслуживают мастичные материалы. Эти материалы имеют ряд технико-экологических преимуществ. Основным, из которых является простота изготовления и нанесение материала на конструкции, в том числе и сложной конфигурации.

Антикоррозийную мастику изготавливают для защиты металлических поверхностей, также применяют для изоляции подземных трубопроводов и используют в качестве связующего в дорожном строительстве. Метод состоит в получении асфальтосмолистого олигомера и добавления в него полимерных добавок – бутилкаучука, технического масла и термоэластопласта. Противокоррозионную мастику получают путем объединения процесса в единый технологический цикл. Процесс заключается в загрузке битума при температуре 130°C. Затем добавляют техническую серную кислоту 1,5-2 ч при температуре 130°C. Далее стабилизируют продукт при 150°C 4 ч. Затем вводят добавки – бутилкаучук, масло техническое, термоэластопласт - при температуре 140°C. При этом компоненты постоянно перемешивают после каждого цикла от 60 до 180 мин. В результате происходит усовершенствование физико-химических характеристик получаемой антикоррозионной мастики за счет улучшения ее состава и оптимизации технологии процесса [6, 7].

Недостатками данного способа являются высокая энергоемкость и длительность технологического процесса; низкий выход продукта. Введение полимерных добавок в асфальтосмолистые соединения хоть и улучшают некоторые технические характеристики продукта, такие как температура

размягчения, хрупкость, эластичность, но в то же время ухудшают другие, такие как адгезия, пенетрация [6].

Нашей задачей является разработка энерго- и экономически эффективного способа изготовления мастики, которая будет совмещать в себе 2 функции: антикоррозийная изоляция и вибропоглощающие свойства.

В качестве полимерной матрицы в составе вибропоглощающих полимерных композиционных материалов часто используют поливинилацетат (ПВА) [8, 9]. Он сравнительно не дорогой, также имеет широкое применение. Большая часть поливинилацетата выпускается в виде дисперсий ПВА (концентрация 50-55%, размер частиц 0,05-2 мкм), она используется при производстве других видов клея, при производстве красок, в полиграфии и в табачной промышленности.

Раствор поливинилацетата представляет собой вязкую белую жидкость. В производстве органических растворах - клеи. Значительные клеящие свойства дают возможности его применения при склейке бумаги и картона, древесины, может входить в качестве компонента шпатлёвок и грунтовок. В виде эмульсий он применяется как добавка в строительные растворы, для повышения адгезии растворов к наносимой поверхности. ПВА имеет хорошие свойства: высокая морозостойкость, хорошая клеящая способность, не токсичен, пожаробезопасен, стекленеет с малой усадкой, высокая термопластичность, термостойкость, доступность и имеет совместимость с разными наполнителями.

В состав мастики входили различные наполнители. Для придания улучшенных клеящих свойств мастики в ее состав вводили эпоксидную смолу УП-563.

Эпоксидную смолу используют в строительстве при нанесении разметочных полос на трассах, изготовлении плит для полов и для наливных полов. Также как материал для покрытия, востребована в декоративных и

отделочных работах [10-12]. В составе стеклопластика и углепластика она встречается в ремонте аэродромов, дорог и железобетонных конструкций.

Методы и материалы исследований

Для решения поставленных задач в качестве объекта исследования были изготовлены мастичные материалы с разными наполнителями. Их наносили на стальную пластину толщиной 1,2 мм, шириной 20 мм и длиной 240 мм (см. рис. 1). Толщина полимерного слоя изменялась от 1 мм до 6 мм. Полимерный слой представлял собой смесь наполнителя такие как слюда молотая флогопит СМФ-123 (ГОСТ 855–74 с изм. № 3), формиат кальция (ТУ 6-09-11-1149-78), melflux 1641F, melflux 4930F, melflux 6681F, поливинилацетата (ТУ 5772-049-43659241-09), эпоксидной смолы УП-563 (ТУ 2225–336–09201208–94) и пластификатор дибутилфталат (ГОСТ 8728-88).

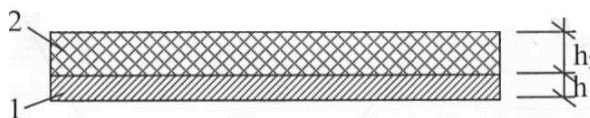


Рис. 1. – Конструкция слоеного вибропоглощающего материала.

1- металлические пластины; 2 - вязко-упругий материал

Коэффициент потерь материала определяли резонансным методом по ГОСТ 19873-74 на установке Bruel & Kjaer 08-13-10. Сущность метода заключается в возбуждении у образца поперечных (изгибных) колебаний основной гармоники. По частотам резонансных колебаний определяют модуль упругости, а по ширине резонансных пиков – коэффициент потерь [9, 13].

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследования представлены на рис. 2. Как видно из рис. 2 положительное влияние на вибропоглощающие свойства оказывают следующие наполнители: молотая слюда, формиат кальция и melflux 1641F.

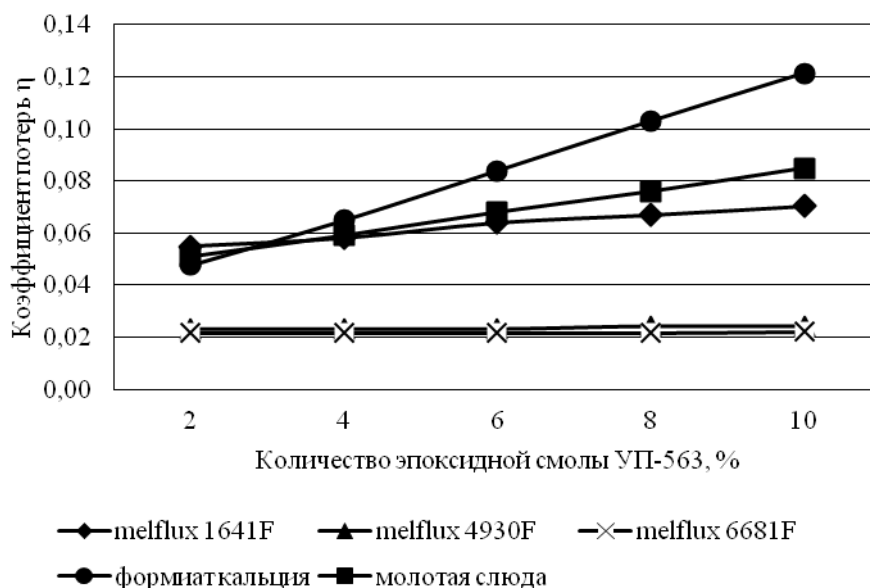


Рис. 2. – Влияние вида наполнителя и эпоксидной смолы на вибропоглощающие свойства мастики

Введение эпоксидной смолы приводит к увеличению коэффициент потерь мастики (рис. 2). При содержании эпоксидной смолы в мастике 10% приводит к увеличению коэффициента потерь более чем в два раза. Для увеличения демпфирующей мастики 50% поливинилацетата, 40% формиат кальция и 10% эпоксидной смолы, добавляли пластификатор дибутилфталат (ДБФ) в качестве 10, 20, 30 %. Результаты исследования приведены на рис. 3.

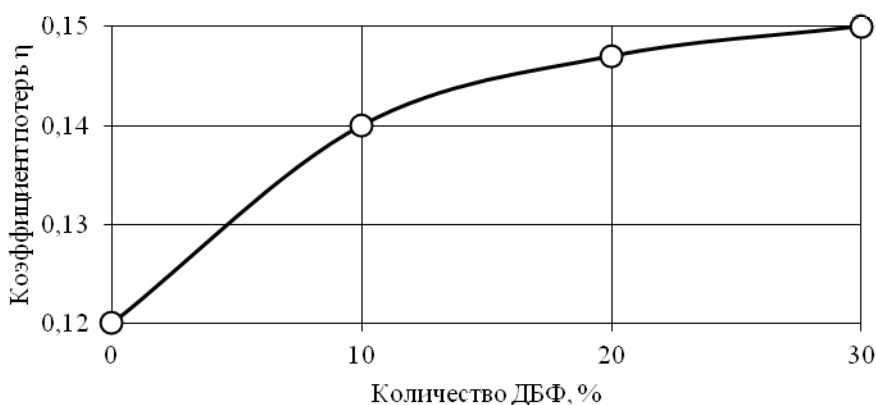


Рис. 3. – Влияние количества ДБФ на вибропоглощающие свойства мастики

При содержании в мастики ДБФ до 10 % резко повышает вибропоглощающие свойства её (рис 3). Дальнейшее увеличение содержания ДБФ менее эффективно. В связи с этим можно считать эффективным содержанием ДБФ до 20 %.

На демпфирующие свойства и поглощающего покрытия оказывает влияние толщина полимерного слоя. В связи с этим проведены исследования влияния толщины полимерного слоя на вибропоглощающие свойства покрытия (рис. 4).

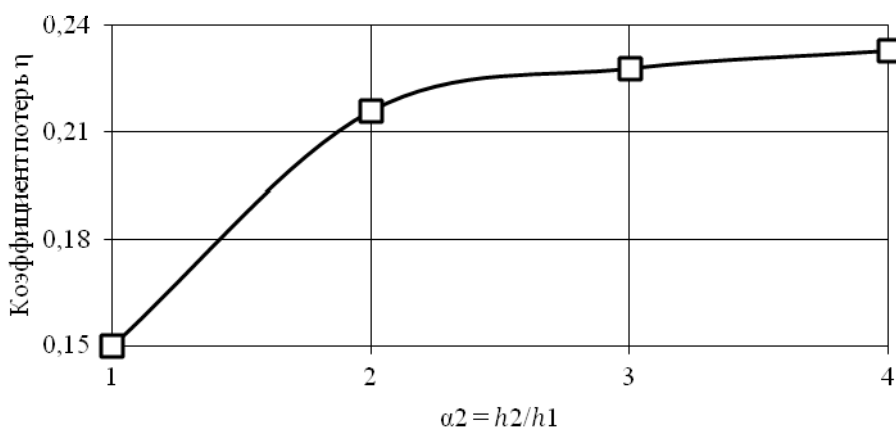


Рис. 4. – Влияние соотношения толщины слоев на вибропоглощающие свойства мастики вибропоглощающего покрытия

Проведенные исследования показали, что увеличение толщины слоя в два раза наиболее эффективно повышает вибропоглощающие свойства (рис. 4). Дальнейшее увеличение толщины слоя малоэффективно сказывается на вибропоглощающих свойствах.

Выводы

1. Разработана вибропоглощающая мастика, подобраны эффективные наполнители и пластификатор для нее.
2. Установлено, что наиболее эффективные толщина покрытия из этой мастики составляет 2 толщины основы, на которую она наносится.

Работа выполнена в рамках Гранта Президента Российской Федерации МК-1960.2018.8.

Литература

1. Муромцев Д.Н, Пичхидзе С.Я. Оценка вибродемпфирующих свойств мастики на основе этиленпропиленового каучука // Вестник Саратовского государственного технического университета. Саратов. 2013. С. 114-118.
2. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
3. Лотошникова Е.О., Усепян Л.М., Телегина В.Н., Усепян И.М. Возможности использования минеральных пористых компонентов в качестве демпфирующих добавок для бетонов // Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4821
4. Дахияев Ф.Ф., Раевская Л.Т. Шумоизоляция оператора лесного манипулятора // Леса России и хозяйство в них. Екатеринбург: 2013. С. 64-67

5. Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Пильщиков В.О., и др. Полимерные вяжущие для производства вибропоглощающих материалов // Региональная архитектура и строительство. Пенза: 2017. С. 59-67.

6. Пат. 2407773 Российская Федерация, МПК С 10 С 3/02, С 09 D 195/00, С 04 В 26/26. Способ получения противокоррозионной мастики на основе асфальтосмолистых олигомеров / Галиуллин Т.В., Галиуллина Е.Г., Николаев В.Н., Никифоров С.В.; заявитель и патентообладатель Галиуллин Т.В. - № 2009105898/05; заявл. 27.08.2010; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 36. – 9 с.

7. Пат. 2543217 Российская Федерация, МПК С 10 С 3/02, С 09 D 195/00, С 08 L 95/00. Масличная композиция и способ ее получения / Подлипчук И.Е., Сухарева Г.М., Тимашева Ф.Г.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Уфимский завод эластомерных материалов, изделий и конструкций" - № 2013143776/05; заявл. 27.09.2013; опубл. 27.02.2015, Бюл. № 6. – 7 с.

8. Сычев М.М., Родионов А.Г., Мякин С.В., Шейко Н.Б. Улучшение вибропоглощения композитов на основе ПВА и графита электронно-лучевой обработкой наполнителя // Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. М.: 2015. С. 31-33

9. Самогонова В.А., Кислякова В.И., Тюменева Т.Ю., Большакова В.А. Влияние состава вибропоглощающих материалов на коэффициент механических потерь // «Труды ВИАМ». М.: 2015. №10. С. 63-69

10. Кузнецов А.В., Петров В.В. Метод химической модификации эпоксидных композиций // Инженерный вестник Дона, 2019, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6031

11. Nakhaei A., Marandi S.M., Kermani S.S., Bagheripour M.H. Dynamic properties of granular soils mixed with granulated rubber // Soil dynamics and earthquake engineering. 2012. – Vol. 43. – P. 124–132.

12. Luo R., Wu XP., Mortel W. Dynamic simulation studies and experiments on rubber structures used in rail vehicles // Proceedings of the institution of mechanical engineers. Part F-journal of rail and rapid transit. – 2013. – Vol. 227. – P. 103–112.

13. Черкасов В.Д., Юркин Ю.В., Авдонин В.В., Пугачев А.А., Мокейкина Е.В. Влияние наполнителей на диссипативные свойства полимерного композиционного материала на основе эпоксидной смолы // Региональная архитектура и строительство. Пенза: 2017. С. 12-15.

References

1. Muromcev D.N, Pichxidze S.Ya. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Saratov, 2013. Pp.118-118.
2. Bondaletova L.I., Bondaletov V.G. Polimerny`e kompozicionny`e materialy` [Polymer composites] (chast` 1): uchebnoe posobie. Tomsk, 2013. 118 p.
3. Lotoshnikova E.O., Usepyan L.M., Telegina V.N., Usepyan I.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4821
4. Dakhiyev F.F., Raevskaya L.T Shumoizolyaciya operatora lesnogo manipulyatora. Lesa Rossii i khozyajstvo v nix. Ekaterinburg, 2013. 64-67 p.
5. Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Pil`shnikov V.O., i dr. Polimerny`e vyazhushhie dlya proizvodstva vibropogloshhayushhix materialov. Penza, 2017. Pp.59-67.
6. Galiullin T.V., Galiullina E.G., Nikolaev V.N., Nikiforov S.V. Sposob polucheniya protivokorroziionnoj mastiki na osnove asfal`tosmolisty`x oligomerov [Method of producing anticorrosion mastic based on asphalt-resin oligomers]. Patent Russia, no. 2407773. 2010. 9 p.
7. Podlipchuk I.E., Suxareva G.M., Timasheva F.G. Mastichnaya kompoziciya i sposob ee polucheniya



- [Mastic composition and method of obtaining thereof]. Patent Russia, № 2543217. 2015. 7 p.
8. Sy`chev M.M., Rodionov A.G., Myakin S.V., Shejko N.B. Uluchshenie vibropogloshheniya kompozitov na osnove PVA i grafita e`lektronno-luchevoj obrabotkoj napolnitelya. Moscow, 2015. pp. 31-33.
9. Samogonova V.A., Kislyakova V.I., Tyumeneva T.Yu., Bol`shakova V.A. Vliyanie sostava vibropogloshhayushhix materialov na koe`fficient mexanicheskix poter`. Moscow, 2015. pp.63-69.
10. Kuznecov A.V., Petrov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6031
11. Nakhaei A., Marandi S.M., Kermani S.S., Bagheripour M.H. Soil dynamics and earthquake engineering. 2012. Vol. 43. pp. 124–132.
12. Luo R., Wu XP., Mortel W. Proceedings of the institution of mechanical engineers. Part F-journal of rail and rapid transit. 2013. Vol. 227. pp. 103–112.
13. Cherkasov V.D., Yurkin Yu.V., Avdonin V.V., Pugachev A.A., Mokeykina E.V. Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. Penza, 2017. pp.12-15.