DOI: 10.65322/j.srd.05192026.104

EPOKSID SMOLASI ASOSIDAGI ANTIKORROZION KOMPOZITSION QOPLAMANING TOG‘LI HUDUDLARDA EKSPLUATATSIYA QILINADIGAN TRANSPORT VOSITALARI KABINASIDAGI VIBRATSIYAGA TA’SIRI

Ibragimov B.D., *PhD, tadqiqotchi,*
Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasi,
Tursunov N.K., *DSc, professor, kafedra mudiri,*
Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasi,
Toshkent davlat transport universiteti

Annotatsiya. *Maqolada Qamchiq dovonida ekspluatatsiya qilinayotgan transport vositalari korpus detallariga ED-16 epoksid smolasi asosidagi antikorrozion kompozitsion qoplama bilan ishlov berilgandan keyin kabinadagi vibratsiya va shovqin ko‘rsatkichlari qanday o‘zgarishi tahlil qilingan. Qoplama tarkibi ED-16 smolasi, EPU-71M epoksid-poliuretan komponenti, polietilenpoliamin (PEPA) qotirgichi, dibutilftalat (DBF) plastifikatori va R-4 erituvchisidan iborat. Transport vositasining vertikal tebranishlari ikki erkinlik darajali hisoblash modeli yordamida 10–50 km/soat tezliklarda o‘rganilgan. Vibroakustik ko‘rsatkichlar real ekspluatatsiya sharoitida «Assistent» shovqin va vibratsiya o‘lchagichi yordamida aniqlangan. Natijalarga ko‘ra, kompozitsion qoplama qo‘llanilgandan keyin kabinadagi shovqin darajasi 10,5 dBA ga kamaygan va haydovchi ish o‘rnidagi tebranish amplitudasi pasaygan.*

Аннотация. *В статье проанализировано изменение показателей вибрации и шума в кабине после обработки корпусных деталей транспортных средств, эксплуатируемых на перевале Камчик, антикоррозионным композиционным покрытием на основе эпоксидной смолы ЭД-16. В состав покрытия входят смола ЭД-16, эпоксиполиуретановый компонент ЭПУ-71М, отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА), пластификатор дибутилфталат (ДБФ) и растворитель Р-4. Вертикальные колебания транспортного средства при скоростях 10–50 км/ч исследованы с помощью расчётной модели с двумя степенями свободы. Виброакустические показатели определены в реальных условиях эксплуатации с помощью шумомера-виброметра «Ассистент». После нанесения композиционного покрытия уровень шума в кабине снизился на 10,5 дБА, а амплитуда вибрации на рабочем месте водителя уменьшилась.*

Abstract. *The article analyses how vibration and noise in the cab change after the body parts of vehicles operated on the Kamchik mountain pass are treated with an anti-corrosion composite coating based on ED-16 epoxy resin. The coating consists of ED-16 resin, the EPU-71M epoxy-polyurethane component, polyethylene polyamine (PEPA) hardener, dibutyl phthalate (DBP) plasticizer and R-4 solvent. Vertical vibrations of the vehicle at speeds of 10–50 km/h were studied using a two-degree-of-freedom computational model. Vibroacoustic parameters were measured under real operating conditions with the «Assistent» noise and vibration meter. After application of the composite coating, the noise level in the cab decreased by 10.5 dBA and the vibration amplitude at the driver’s workplace was reduced.*

Kalit so‘zlar: *epoksid smolasi, ED-16, antikorrozion qoplama, vibratsiya, shovqin, tebranishlarni so‘ndirish, transport vositasi, tog‘li yo‘l.*

Ключевые слова: *эпоксидная смола, ЭД-16, антикоррозионное покрытие, вибрация, шум, демпфирование колебаний, транспортное средство, горная дорога.*

Keywords: *epoxy resin, ED-16, anti-corrosion coating, vibration, noise, vibration damping, vehicle, mountain road.*

Kirish. Tog‘li hududlarda ekspluatatsiya qilinadigan transport vositalari bir vaqtning o‘zida bir nechta og‘ir omil ta’siriga duch keladi:

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.104

– harorat va namlikning tez o‘zgarishi;
– kuchli quyosh radiatsiyasi;
– qishda yo‘llarga sepiladigan muzga qarshi tuz-qum aralashmasi;
– uzun qiyaliklar va burilishlar sababli yuzaga keladigan dinamik yuklamalar.

Qamchiq dovoni Toshkent va Farg‘ona vodiysini bog‘lovchi avtomobil yo‘lida, dengiz sathidan 2200 m dan baland joyda joylashgan. Bu yerda ishlaydigan transport vositalari uchun yuqoridagi omillar ayniqsa yaqqol namoyon bo‘ladi. Natijada korpus va rama detallarida korroziya jadal rivojlanadi, haydovchi ish o‘rnidagi vibratsiya va shovqin darajasi ham ortadi [1].

Epoksid qoplamalar metallga yuqori adgeziyasi va kimyoviy bardoshligi tufayli korroziyadan himoya qilishda keng qo‘llaniladi [1–3]. Biroq dian smolalari asosidagi qotirilgan kompozitsiyalar mo‘rt bo‘lib, termik va mexanik sikllar ta’sirida yoriladi [1,2]. Shu sababli ularni plastifikatorlar va elastiklashtiruvchi komponentlar bilan modifikatsiya qilish tavsiya etiladi [2,4]. Zamonaviy tadqiqotlarda UB nurlanish, nam/quruq va termik sikllar epoksid qoplamalarning yemirilishini tezlashtirishi ko‘rsatilgan [5–7].

Polimer qoplamalar yupqa devorli metall panellarga surtilganda ularning tebranish energiyasining bir qismini issiqlikka aylantirib so‘ndiradi [8,9]. Shu sababli plastiklashtirilgan epoksid-poliuretan kompozitsiyalari korroziyadan himoya qilish bilan birga vibroakustik ko‘rsatkichlarni ham yaxshilashi mumkin.

Ishning maqsadi: ED-16 epoksid smolasi asosidagi antikorrozion kompozitsion qoplamaning tog‘li yo‘llarda ekspluatatsiya qilinadigan transport vositasi kabinasidagi vibratsiya va shovqinga ta’sirini baholash.

Tadqiqot obyekti va usullari. Kompozitsion qoplama quyidagi komponentlardan tayyorlangan:
– asosiy bog‘lovchi: ED-16 epoksid smolasi;
– elastiklashtiruvchi komponent: EPU-71M epoksid-poliuretan;
– qotirgich: polietilenpoliamin (PEPA);
– plastifikator: dibutilftalat (DBF);
– erituvchi: R-4.

1-jadval

Komponentlarning massaviy nisbati

Komponent	Massaviy nisbati, g
ED-16	80
EPU-71M	20
PEPA	12
DBF	10
Erituvchi	10
Jami	132

Qoplash quyidagi tartibda bajarilgan: korpus detallarining metall yuzalari korroziya va iflosliklardan tozalanib, yog‘sizlantirilgan; kompozitsiya purkash usulida surtilgan; qoplama ochiq havoda (25 ± 2) °C haroratda qotirilgan. Qoplama qalinligi 80-120 mkm ni tashkil etgan.

Transport vositasining vertikal tebranishlari ikki massali (choraklik avtomobil) model bilan tavsiflangan [10]. Modelda m_1 - ressoradan pastdagi massa (ko‘prik, g‘ildirak); m_2 - ressora ustidagi massa (kuzov, kabina); k_1, c_1 - shinaning bikrligi va so‘ndirish koeffitsiyenti; k_2, c_2 - osmaning bikrligi va so‘ndirish koeffitsiyenti; $x_1(t)$, $x_2(t)$ - ko‘prik va kuzovning vertikal ko‘chishi. Harakat tenglamalari quyidagi ko‘rinishga ega:

$$m_1\ddot{x}_1 + c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2(x_1 - x_2) + c_1(\dot{x}_1 - \dot{q}) + k_1(x_1 - q) = 0, \quad (1)$$

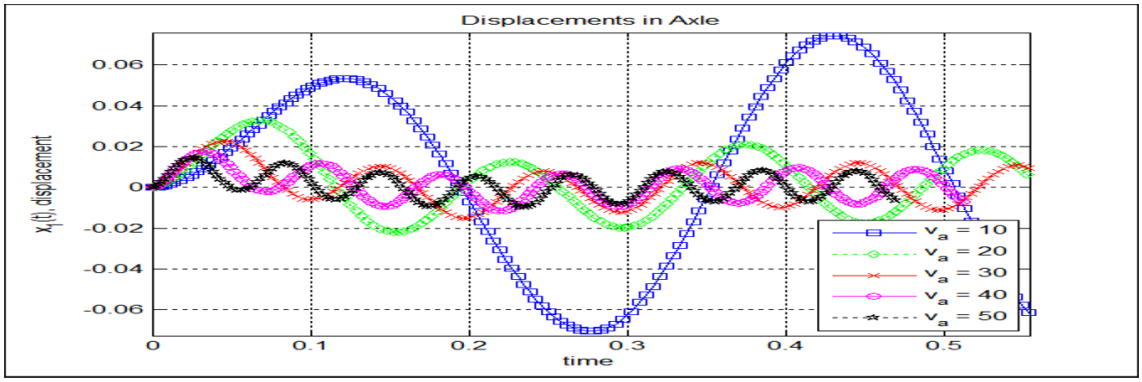
DOI: 10.65322/j.srd.05192026.104

$$m_2\ddot{x}_2 + c_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2(x_2 - x_1) = 0, \quad (2)$$

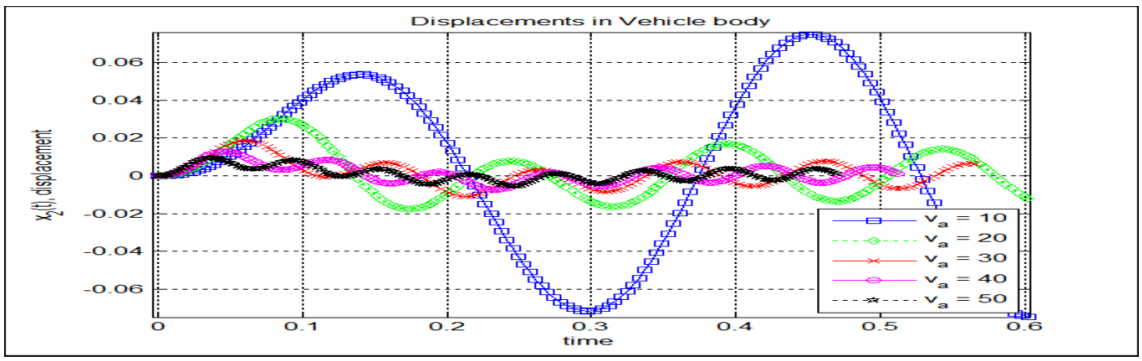
bu yerda q(t) – yo‘l notekisligi bo‘lib, $q(t) = q_0 \cdot \sin(2\pi vt/L)$ ko‘rinishida olingan; q_0 – notekislik balandligi, L – uning uzunligi, v – harakat tezligi. Tenglamalar MATLAB muhitida v = 10, 20, 30, 40 va 50 km/soat tezliklar uchun sonli yechilgan. Model parametrlari [11]: m_1 = 750 kg; m_2 = 75 kg; k_1 = 200 000 N/m; k_2 = 300 000 N/m; c_1 = 100 N·s/m; c_2 = 10 N·s/m.

Vibratsiya va shovqin darajasi Qamchiq dovonidagi real ekspluatatsiya sharoitida «Assistent» shovqin va vibratsiya o‘lchagichi bilan aniqlangan. O‘lchovlar haydovchi ish o‘rnida kabina polida va kabina ichida haydovchi qulog‘i sathida bajarilgan. Bir xil transport vositasida qoplash ishlaridan oldin va keyin, bir xil tezlik rejimlarida o‘lchangan. Sinov transport vositasi: MAN CLA 26.280. O‘lchovlar GOST 31191.1 talablariga muvofiq o‘tkazilgan [12].

Natijalar va muhokama. 1- va 2-rasmlarda turli tezliklarda ko‘prik va kuzovning vertikal ko‘chishini hisoblash natijalari keltirilgan.



1-rasm. Transport vositasi ko‘prigining 10, 20, 30, 40 va 50 km/soat tezliklardagi vertikal ko‘chishi $x_1(t)$



2-rasm. Transport vositasi kuzovining 10, 20, 30, 40 va 50 km/soat tezliklardagi vertikal ko‘chishi $x_2(t)$

Grafiklardan ko‘rinib turibdiki, tezlik oshgani sari tebranish chastotasi ortadi va amplitudasi kamayadi. Ko‘prikning ko‘chish amplitudasi v = 10 km/soat da ±0,07 ga yaqin (davri taxminan 0,3 s), v = 20 km/soat da taxminan 0,03, v = 30 km/soat da taxminan 0,02, v = 40 va 50 km/soat da esa taxminan 0,015 ni tashkil etadi; yuqori tezliklarda tebranishlar yuqori chastotali bo‘ladi.

Kuzovda past tezlikdagi (10 km/soat) amplituda ko‘prikdagiga yaqin. Yuqori tezliklarda esa kuzov amplitudasi ko‘prikdagidan kichik bo‘ladi: masalan, 50 km/soat da u taxminan 0,008–0,01 ni tashkil etadi. Demak, osma yuqori chastotali qo‘zg‘alishlarni samarali so‘ndiradi, 10 km/soat ga yaqin past tezliklarda esa kuzov rezonansga yaqin rejimda tebranadi. Tog‘li yo‘lning

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.104

qiyaliklari va burilishlarida transport vositalari aynan past tezlikda harakatlanadi. Shu sababli bu rejim kabinadagi vibratsiya va konstruksiya elementlariga tushadigan sikllik yuklamalar nuqtai nazaridan eng og‘ir hisoblanadi.

Osma kuzovga uzatadigan past chastotali tebranishlar kabina panellarini qo‘zg‘atadi, bu panellar esa konstruktiv shovqin manbaiga aylanadi. Panellarga surtilgan plastiklashtirilgan epoksid-poliuretan qoplama ular tebranganda deformatsiyalanadi va tebranish energiyasining bir qismini issiqlikka aylantiradi. Natijada panellarning tebranish amplitudasi va ular tarqatadigan shovqin kamayadi. DBF plastifikatori va EPU-71M komponenti qoplamaning elastikligini oshiradi, ya’ni ichki ishqalanish hisobiga so‘ndirish xususiyatini kuchaytiradi. Bu komponentlar sof ED-16 smolasiga xos mo‘rtlikni ham kamaytiradi [2, 4].

O‘lchov natijalariga ko‘ra, kompozitsion qoplama qo‘llanilgandan keyin kabinadagi shovqin darajasi 10,5 dBA ga kamaygan. Turli harakat tezliklarida haydovchi ish o‘rnidagi tebranish amplitudasi ham pasaygan. Qoplamaning korroziyabardoshlikka va korroziyaga qarshi takroriy ishlov berishlar oralig‘iga ta’siri alohida sinovlar bilan baholanishi lozim.

Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Ikki massali hisoblash modeli tezlik 10 km/soat dan 50 km/soat gacha oshganda tebranish chastotasi ortishini va kuzovning vertikal ko‘chish amplitudasi kamayishini ko‘rsatdi. Tog‘li yo‘lga xos bo‘lgan past tezliklar kuzov tebranishlari bo‘yicha eng noqulay rejim hisoblanadi.

2. ED-16, EPU-71M, PEPA, DBF va R-4 asosidagi kompozitsion qoplama korpus detallarini korroziyadan himoya qilish bilan birga tebranishlarni so‘ndiruvchi qatlam vazifasini ham bajaradi.

3. Real ekspluatatsiya sharoitida o‘tkazilgan o‘lchovlar qoplama qo‘llanilgandan keyin kabinadagi shovqin darajasi 10,5 dBA ga kamayganini va haydovchi ish o‘rnidagi tebranish amplitudasi pasayganini ko‘rsatdi.

4. Ishlab chiqilgan qoplamani tog‘li hududlarda ekspluatatsiya qilinadigan transport vositalarida korroziyadan himoya qilish va vibroakustik sharoitni yaxshilashning kompleks vositasi sifatida qo‘llash tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.

2. Чернин И.З., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с.

3. Anwar S., Li X. A review of high-quality epoxy resins for corrosion-resistant applications // J. Coat. Technol. Res. – 2024. – Vol. 21, №2. – P. 461–480.

4. Pascault J.-P., Williams R.J.J. (eds.) Epoxy Polymers: New Materials and Innovations. – Weinheim: Wiley-VCH, 2010.

5. Dong C.F., Xiao K., Sheng H., An Y.H., Li X.G. Characterizations of UV aging and atmospheric corrosion on epoxy coated 7A04 aluminum alloy // Materials Science Forum. – 2011. – Vol. 686. – P. 784–791.

6. Zhang J., Zhu B., Wang H., Zhang C., Zeng W., Zhou Q. Degradation behaviors of two epoxy coatings after dry/wet-accelerated fog exposure of different solutions // Frontiers in Materials. – 2021. – Vol. 8. – Art. 730627.

7. Knudsen O.Ø., Forsgren A. Corrosion Control Through Organic Coatings. 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2017.

8. Nashif A.D., Jones D.I.G., Henderson J.P. Vibration Damping. – New York: Wiley, 1985.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.104

9. Ibragimov B.D., Tursunov N.Q. Improving the Performance Characteristics of Vehicles Operated in Severe Climatic Conditions and Aggressive Environments // Innovative: International Multidisciplinary Journal of Applied Technology. – 2026. – Vol. 4, No. 11. – P. 23–37. – DOI: 10.51699/6pgm7n22

10. Gillespie T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. – Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 1992.

11. Ibragimov B.D., Tursunov N.Q., Alimukhamedov Sh.P. Investigation of Corrosion-Resistant Polymer Coatings and Their Effect on the Operational Performance of Vehicles // Innovative: International Multidisciplinary Journal of Applied Technology. – 2026. – Vol. 4, No. 11. – P. 1–8. – DOI: 10.51699/dftg1y84

12. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования.