

Фомін О.В.

Державний університет інфраструктури та технологій

Козинка О.С.

Державний університет інфраструктури та технологій

Турпак С.М.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Васильєва Л.О.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Красулін О.С.

Приазовський державний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВНІ КОНЦЕПТИ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗАХИСНИХ АНТИВІБРАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

В цій статті розглянуто використання нових матеріалів та лакофарбових матеріалів, які відіграють особливу роль в машинобудуванні, авіабудуванні та суднобудуванні: захист від корозії та механічних коливань, які значно впливають на міцність та довговічність конструкцій. Перспективних моделей кузова напіввагону з нових матеріалів та застосування захисних покриттів для покращення техніко-економічних показників. Антикорозійні покриття відіграють важливу роль у захисті металевих поверхонь від корозії, запобігаючи їх руйнуванню та продовжуючи термін експлуатації. Корозійна стійкість залежить від природи металу. Природний клімат та хімічне середовище загрожують металоконструкціям, піддаючи їх окисленню, метал поступово втрачає свою міцність та естетичний вигляд. Засоби антикорозійного захисту давно та успішно продовжують термін експлуатації металу. Варто застосовувати антикорозійне покриття, наносити на поверхню і не дати корозії нашкодити металу. Поверхневий захист металу може бути виконаний його фарбуванням або нанесенням поверхневих плівок, за своїм складом нейтральних до дії кисню. Нанесення лакофарбових матеріалів дозволяє створити на металевій поверхні плівку, яка захищає матеріал від зовнішніх впливів, у тому числі корозії, що провокують. Правильна обробка поверхні, що фарбується – один з головних факторів у забезпеченні довговічності всього лакофарбового покриття. В цій роботі було розглянуто авіаційну промисловість. Найбільш негативний вплив для конструкцій літака може мати вібрація газотурбінного двигуна. У конструкціях високий рівень вібрації може спричинити тріщини, ослаблення болтів, сильний шум або навіть поломку. Спричинити пошкодження конструкції, експлуатаційну надійність: погіршити несучу здатність. Розглянуті основні методи боротьби з вібрацією. Під час будівництва та проектування повітряних суден останнього покоління використовується все більше нових матеріалів, які покращають техніко-економічні показники. Розглянули поліуретанову емаль (рідкий пластик), як комплексне покриття, що захищає металеві поверхні від корозії. Обробка металевих поверхонь є конструктивним захистом, без якого не обійтися, оскільки корозія може негативно позначатися на довговічності та безпеці конструкції.

Ключові слова: машинобудування, транспорт, авіація, суднобудування, рухомий склад, кузов напіввагона, захисне покриття, нові матеріали, експлуатація, надійність.

Постановка проблеми. В даний час на залізничному транспорті все більше уваги приділяється забезпеченню високого рівня експлуатаційної надійності рухомого складу та безпеки руху поїздів, що є найважливішою умовою підвищення ефективності та якості роботи

залізничного транспорту [1, с. 220]. Економічні показники в оцінці надійності дуже важливі, оскільки підвищення рівня надійності в машинобудуванні, з одного боку, пов'язані з додатковими матеріальними витратами, з другого – зі зменшенням витрат з їхнього ремонту і обслуговування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [2, с. 35] досліджували механізм корозії в хлорованому водному середовищі на зразках низьколегованих чорних матеріалів, покритих дуплексним покриттям, що складається з цинку, напиленого дуговим способом. Шар і бітумну фарбу, що виконує роль ущільнювача. Для аналізу впливу механічного пошкодження на захисну дію дуплексного покриття були зроблені канавки, що виявляють оголене залізо. Таким чином електрохімічним та фізико-хімічним шляхом досліджено самовідновлення канавок продуктами корозії. Результати, отримані за допомогою електрохімічних методів, показали не тільки важливість катодного захисту, досягнутого присутністю цинку (розвиток корозійного потенціалу), а також вплив ущільнювального покриття (вимірювання імпедансної спектроскопії), що уповільнює проникнення електроліту в металеву поверхню і таким чином обмеження корозії (фізичний бар'єр і електричний опір).

В роботі [3, с. 129] було обґрунтовано, що для підвищення експлуатаційних характеристик деталей транспортних засобів, у тому числі і їх антикорозійних властивостей та зносостійкості, доцільно використовувати захисні полімерні композиційні покриття.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз нових матеріалів та лакофарбових матеріалів, які відіграють особливу роль в машинобудуванні, авіабудуванні та суднобудуванні: захист від корозії та механічних коливань, які значно впливають на міцність та довговічність конструкцій. Перспективних моделей кузова напіввагону з нових матеріалів та застосування захисних покриттів для покращення техніко-економічних показників. Для досягнення поставленої мети, треба виконати ряд завдань: основні методи захисту та боротьби з вібрацією; вплив полімерних матеріалів в авіабудівній промисловості; антикорозійне покриття в суднобудуванні.

Виклад основного матеріалу. Авіаційна промисловість – галузь машинобудування. Авіаційна промисловість є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної української економіки, тому необхідна державна підтримка галузі. За цей час в Україні встигла сформуватись нова галузь малого авіабудування [4, с. 242]. Українські приватні конструктори та компанії успішно проектують, виробляють та продають майже дві сотні ультралегких літаків на рік, які літають по всьому світу.

Забезпечення безпеки польотів авіації завжди було важливим державним завданням, за допо-

могою якої виключався ризик загибелі людей та заподіяння шкоди державному майну. Був проведений аналіз [5, с. 123; 6, с. 83] можливих станів паливної системи з урахуванням впливу різних експлуатаційних факторів показав, що найбільш негативний вплив може мати вібрація газотурбінного двигуна. Вібрація не тільки виснажує пасажирів та льотчиків, але й завдає шкоди авіоніці та комплектуючим літального апарату, знижуючи їх надійність та термін служби експлуатації.

У конструкціях високий рівень вібрації може спричинити тріщини, ослаблення болтів, сильний шум або навіть поломку [7, с. 68]. Спричинити пошкодження конструкції, експлуатаційну надійність: погіршити несучу здатність. Ознаками зниження експлуатаційної надійності є поява тріщин у несучих конструкціях.

Авіаційний двигун викликає вібрацію всіх частин літака, яка негативно позначається на роботі приладів, спотворюючи їх показання та скорочуючи термін служби. На практиці у разі вібрації крил літака, споруд резонанс призводить до утворення коливань з великими амплітудами, при яких виникають напруги, що перевищують допустимі з точки зору міцності, що, звичайно, є не тільки небажаним, а й небезпечним.

Основними методами боротьби з вібрацією є:

- зменшення вібрації у джерелі їх виникнення: удосконалення конструкції (розрахунок фундаменту, системи амортизаторів чи віброізоляторів);
- конструктивні методи (віброгасіння, вібродефнування – підбір певних видів матеріалів, віброізоляція).

Основні методи захисту від вібрації машин та обладнання:

- зниження вібрації за допомогою зниження або ліквідації збурювальних сил;
- відбудова від режиму резонансу, вибираючи раціональну масу або жорсткості системи, що коливається;
- вібродефнування (збільшення опору коливальної системи);
- динамічне гасіння коливань;
- підвищення жорсткості системи за допомогою будівельних конструкцій (віброізоляція, віброгасіння).

Віброгасіння – це метод зниження вібрації шляхом перетворення енергії механічних коливань системи теплову енергію. За допомогою:

- використання як матеріали конструкції матеріали з великим внутрішнім тертям;
- нанесення на вібруючі поверхні шару пружних матеріалів (гума, пінопласт тощо);

– переведення механічної енергії в енергію струмів Фуко.

Динамічне гасіння здійснюється шляхом встановлення агрегатів на масивні фундаменти або перекриття, які вібрують разом з основними агрегатами та за рахунок появи резонансу вібрація гаситься.

Відбудова від резонансу здійснюється з допомогою виключення резонансних режимів роботи, тобто. відбудова власних частот від частоти збуджуючої сили. На частотах нижче резонансної повний опір системи виявляється рівним пружному опору, отже, цих частотах система надає пружний опір.

Віброізоляція – метод, що знижує вібрацію, що впливає, на шляхах її поширення. Метод полягає у встановленні джерела коливальних на амортизатори, що знижують передачу коливальної енергії об'єкту, що захищається.

Метод вібродемпфування полягає у зниженні вібрації шляхом перетворення енергії механічних коливальних даної системи, що коливається, в теплову енергію. Великим загасанням коливальних мають сплави марганцю з вмістом 20% міді та магнієві сплави. Для вібродемпфування можуть використовуватися композиційні та мастильні матеріали [8, с. 89]. На рисунку 1 ми запропонуємо перспективну концепцію кузова вантажного напіввагону з модульним покриттям з полівінілхлориду.

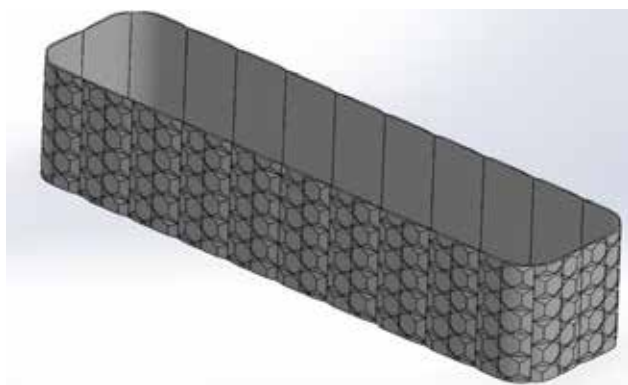


Рис. 1. Перспективна концепція кузова вантажного напіввагону з модульним покриттям з полівінілхлориду

Під час будівництва та проектування повітряних суден останнього покоління використовуються все більше нових матеріалів. Глобальний пасажиропотік зростає, ціни на авіаквитки знижуються, авіакомпанії намагаються скоротити експлуатаційні витрати, в тому числі за рахунок зниження маси повітряних суден. Фахівці оціню-

ють поточну ємність ринку полімерів в авіабудуванні 8,17 мільярдів доларів США.

Ще в 1950-х роках минулого століття конструктори спробували застосувати склопластик для обшивки передньої частини авіаційних двигунів. Вони середньому нагріваються від 100 до 300 °С. Згодом армовані пластики використовувалися при виготовленні корпусів літаків «Боїнг-747», створених на основі склопластиків, просочених поліімідом [9, с. 1315]. Основний недолік склопластиків, що полягає в їх низькій питомій жорсткості, був подоланий у нових композитах – вуглеродопластиках і боропластиках.

Лакофарбові матеріали відіграють особливу роль в авіабудуванні: захист від атмосферних впливів та агресивних середовищ, морозостійкість, гасіння вібрації, терморегуляція та інші. Наприклад, фарба на основі пластифікованих поліуретанів дає обшивці літака морозостійкість від мінус 40 до мінус 60 °С, поліакриловий лак – взагалі до мінус 100 °С.

Найбільш активно полімери сьогодні застосовують при створенні літальних апаратів для малої авіації. Легкі, дво-, чотиримісні літаки або гелікоптери, тут частка композиційних матеріалів може досягати 80 відсотків від маси літального апарату. Це зумовлено, по-перше, вартістю виготовлення такого літального апарату, по-друге, його льотними властивостями. Приклад – літаки австрійської фірми Даймонд, німецькі Extra, Extrime. Багато світових виробників літальних апаратів такого типу перейшли на застосування полімерних композитних матеріалів.

Полімери характеризуються легкістю, різноманітністю складу та широким діапазоном технічних властивостей, що дозволяє широко використовувати їх в авіабудуванні. Деталі, виготовлені на основі полімерних матеріалів, у середньому на третину легші за металеві аналоги при однаковій міцності.

Вартість полімерної сировини поки що вища, ніж металевих аналогів. Це зумовлено складною технологією виробництва полімерів. Проте економія витрат за обробку, складання, і навіть зниження витрат за транспортування дозволяють істотно знизити ціни готові компоненти, що робить застосування полімерів в авіабудуванні економічно ефективним. Наприклад, при виробленні деталей літака з алюмінієвої або іншої металеві сировини у відході і зворотну переробку йде до 90 відсотків матеріалу, в той час як виготовлення полімерної деталі, порівнянної за характеристиками, не залишає відходів і дозволяє отримати деталь в заданих параметрах.

У металів є поняття «старіння», є втомна міцність, у вуглепластику, при належному виготовленні цього бути не повинно. Насправді це виглядає так: у металевого літака ресурс по «крилу» може бути від 10 до 25 років. Потім на такому літаку літати вже небезпечно, і його продають у «треті країни». У композитного крила ресурс закладається від 50 років. Застосування вуглепластиків поки що не найдешевше задоволення. Але завдяки падінню ціни та розвитку технологій воно вже стало економічно вигідним. Хоча ще п'ятнадцять років тому це було негаразд. Композити коштують, як правило, дорожче за метали. Але це дуже залежить від того, що робити, з чого, за якою технологією. Нові матеріали стали невід'ємними елементами загальної інноваційної екосистеми авіабудування.

Суднобудування – галузь важкої промисловості, що здійснює будівництво суден. є одним із найкращих виробників фарби та антикорозійних матеріалів в Україні.

Антикорозійний захист – спеціальне покриття, що утворює шар захисної плівки на металевій поверхні. Основа захисту складається з органічних та неорганічних матеріалів, в основному це чисті метали, їх сплави та лакофарбові продукти. Антикорозійні матеріали застосовуються з урахуванням складу металевого матеріалу, його призначення та експлуатаційних особливостей. Найбільш доступним способом захисту вважаються антикорозійна фарба та спеціальна емаль завдяки цілому ряду переваг: простота застосування, економічність при нанесенні, палітра всіляких кольорів, стійкість до цвілі та грибка, екологічність, досить низька вартість. У свою чергу антикорозійна фарба має спеціально розроблений склад і розподіляється на декілька критеріїв: кислотостійка фарба, лугостійка фарба, антикорозійна фарба, спеціальні емалі, антикорозійна ґрунтовка.

Антикорозійне покриття, а також антивібраційне – поліуретанова емаль (рідкий пластик). Як комплексне покриття, що захищає металеві поверхні від корозії та вібрації. Для отримання лакофарбового покриття, що характеризується хімічною стійкістю, яке захищає різні поверхні від впливу середовищ кислотного, а також лужного характеру та сольових розчинів, агресивних газів. Поліуретанову емаль можна наносити на різні поверхні: оцинковане залізо, чорні метали, алюміній, у тому числі на бетон та дерево. Нанесене покриття поліуретанової емалі можна експлуатувати за температури не нижче -40°C і до $+150^{\circ}\text{C}$.

Поліуретановий литтєвий пластик, в народі званий по простому рідкий пластик, являє собою двокомпонентний матеріал. Легким рухом руки при змішуванні основи та затверджувача компаунд починає твердіти і перетворюється в елегантний пластиковий виріб. На рисунку 1 ми запропонуємо перспективну концепцію кузова вантажного напіввагону з поліуретанового матеріалу. Кузов покритий модульним поліуретановим литтєвим пластиком.



Рис. 2. Перспективна концепція кузова вантажного напіввагону з поліуретанового матеріалу

Властивості поліуретанового литтєвого пластика: Поліуретан являє собою фарбу по металу, яка функціонально об'єднує в собі, захист від корозії та фінішне покриття; Утворює на поверхні нанесення гладку антикорозійну плівку, яка захищає поверхню металу від дії вологи і повітря, утворення іржі; Утворює покриття, стійке до дії води, атмосферних впливів, індустриальних масел, побутових миючих засобів; Фарба має високу адгезію (зчеплення) до основи.

Висновки. 1. Авіаційна промисловість є одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної української економіки. В авіаційній промисловості вібрація негативно позначається на роботі приладів, спотворюючи їх показання та скорочуючи термін служби. В роботі були приведені основні методи боротьби з вібрацією. Дуже перспективна нова галузь малого авіабудування. У 2018 році в українське підприємство-виробник **Аеропракт** випустив рекордну в своїй історії кількість літаків – 96 одиниць, а річний оборот наблизився до 5 млн. євро. Обсяги виробництва Аеропракту – це 5% від річного обсягу світового ринку таких літаків. Загалом за свою історію український виробник випустив 1100 літаків.

Під час будівництва та проектування повітряних суден останнього покоління використовується все більше нових матеріалів. Авіакомпанії нама-

гаються скоротити експлуатаційні витрати, в тому числі за рахунок зниження маси повітряних суден. Фахівці оцінюють поточну ємність ринку полімерів в авіабудуванні 8,17 мільярда доларів США.

2. Аквахім є одним із найкращих виробників фарби та антикорозійних матеріалів в Україні. Антикорозійне покриття в суднобудуванні полі-

уретанова емаль (рідкий пластик). Комплексне покриття, що захищає металеві поверхні від корозії. Поліуретанову емаль можна наносити на різні поверхні: оцинковане залізо, чорні метали, алюміній, у тому числі на бетон та дерево. Нанесене покриття поліуретанової емалі можна експлуатувати за температури не нижче -40°C і до $+150^{\circ}\text{C}$.

Список літератури:

1. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. Луганск. 2006. С. 219–223.
2. Jing Li et al. Reinforcement of graphene and its derivatives on the anticorrosive properties of waterborne polyurethane coatings. *Composites Science and Technology*. P. 30-37.2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.04.017>
3. Павленко В. М. / та ін. Дослідження методів випробування лакофарбового покриття на стійкість до корозії. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. № 2 (18). С. 127–133. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-127-133>
4. Gorobchenko O., Fomin O., Gritsuk I., Saravas V., Grytsuk Y., Bulgakov M., Volodarets M. and Zinchenko D. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. *IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. Kharkiv, Ukraine. 2018. P. 239–243. doi:10.1109/IEPS.2018.8559487
5. Sergii V. Sagin, Sergii S. Sagin, Oleksij Fomin, Oleksandr Gaichenia, Yurii Zablotskyi, Václav Pištěk, Pavel Kučera. Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport. *Renewable Energy*. 2024. 120221 ISSN 0960-1481 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221>
6. Sulim A.O., Fomin O.V., Khozya P.O., Mastepan A. Theoretical and practical determination of parameters of on-board capacitive energy storage of the underground rolling stock. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2018. Issue 5 (1), P. 79–87. doi: 10.29202/nvngu/2018-5/8
7. Fomin O., Sulym A., Kulbovsky I., Khozia P., Ishchenko V. Determining rational parameters of the capacitive energy storage system for the underground railway rolling stock. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2018. 2/1(92). P. 63–71. doi: 10.15587/1729-4061.2018.126080
8. Павленко В. М. / та ін. Новітні технології в екологічно безпечних полімерних покриттях: дослідження, технології, перспективи. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. № 1 (19). С. 85–94. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-85-94>
9. Sagin, S.; Kuropyatnyk, O.; Sagin, A.; Tkachenko, I.; Fomin, O.; Pištěk, V.; Kučera, P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022. 10, 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>

Fomin O.V., Kozynka O.S., Turpak S.M., Vasilyeva L.O., Krasulin O.S. THE PROSPECTIVE CONCEPTS OF BODY DESIGNS FOR GONDOLA CARS USING NEW MATERIALS AND PROTECTIVE ANTI-VIBRATION COATINGS

This article examines the use of new materials and coatings, which play a crucial role in mechanical engineering, aerospace, and shipbuilding: protection against corrosion and mechanical vibrations, which significantly affect the strength and durability of structures. Prospective models of hopper car bodies made from new materials and the use of protective coatings to improve technical and economic performance are discussed. Anti-corrosion coatings play an important role in protecting metal surfaces from corrosion, preventing their degradation and extending their service life. Corrosion resistance depends on the nature of the metal. The natural climate and chemical environment pose a threat to metal structures, subjecting them to oxidation, which gradually reduces the metal's strength and aesthetic appearance. Anti-corrosion protection methods have long been and continue to be successful in extending the service life of metals. It is important to apply anti-corrosion coatings, ensuring that the metal is protected from the harmful effects of corrosion. Surface protection of metal can be achieved by painting it or applying surface films that are neutral to oxygen exposure. The application of coatings creates a film on the metal surface that protects the material from external influences, including those that provoke corrosion. Proper surface treatment before painting is one of the key factors in ensuring the durability of the entire coating. This work also examines the aviation industry. The most negative impact on aircraft structures can come from the vibration of the gas turbine engine. High

levels of vibration in the structures can cause cracks, bolt loosening, excessive noise, or even breakage. This can lead to structural damage and affect operational reliability, reducing load-bearing capacity. The main methods of vibration control are discussed. During the construction and design of next-generation aircraft, an increasing number of new materials are being used to improve technical and economic performance. Polyurethane enamel (liquid plastic) is discussed as a comprehensive coating that protects metal surfaces from corrosion. Treating metal surfaces is a crucial protective measure, without which the durability and safety of the structure would be compromised, as corrosion can negatively affect both.

Key words: *mechanical engineering, transportation, aviation, shipbuilding, rolling stock, gondola car body, protective coating, new materials, operation, reliability.*