

УДК 621.315.612

**В. І. Данілевський, к.т.н., доцент**

*(доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)*

**Т. М. Мельник, к.х.н.**

*(технічний директор ООО НПП «Укрпромвпровадження»)*

**Ю. М. Черних, к.т.н., доцент**

*(доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)*

**В. М. Олійник**

*(аспірант кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)*

### СУЧАСНІ ВІТЧИЗНЯНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Система електричної ізоляції «Термоліт» заснована на ізоляційних матеріалах, вироблення НВП «Укрпромвпровадження», поєднує в собі передові технології світових лідерів в області електричної ізоляції, вони виготовлені відповідно до національних стандартів.*

*«Укрпромвпровадження» в даний час забезпечує виробництво повного спектру електричних ізоляційних матеріалів в Україні*

*Ключові слова: електрична ізоляція, Термоліт, «Укрпромвпровадження».*

*Система электрической изоляции «Термолит» основана на изоляционных материалах, производимых НПП «Укрпромвнедрение» и сочетающих в себе передовые технологии мировых лидеров в области электрической изоляции, они изготовлены применительно к национальным стандартам.*

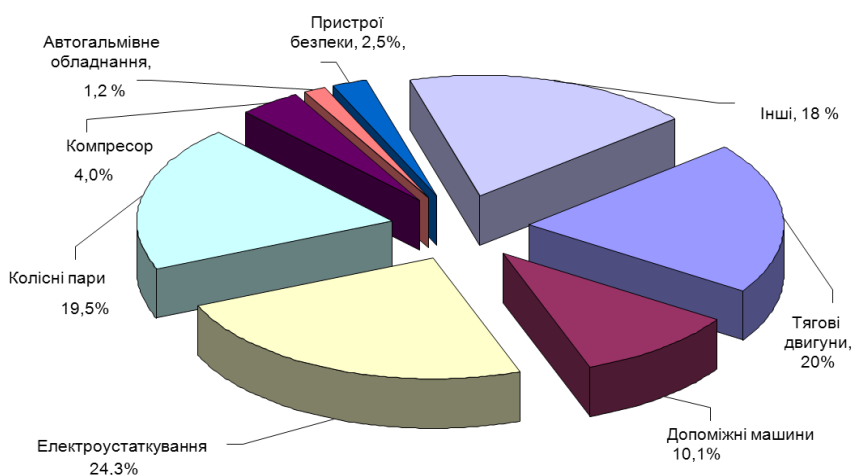
*«Укрпромвнедрение» в настоящее время обеспечивает производство полного спектра электрического изоляционного материала в Украине.*

*Ключевые слова: электрическая изоляция, Термолит, «Укрпромвнедрение».*

Протягом 2010-2015 років науковці, спеціалісти підприємств різних галузей виробництва, які зайняті ремонтом тягових електричних машин та трансформаторів проводили аналіз їх роботи за участю наукових працівників НВП «Укрпромвпровадження» та Державного економіко-технологічного університету транспорту. При проведенні ремонту застосовувалась електрична ізоляція вітчизняного виробництва різних класів нагрівостійкості [6].

У серпні 2015 р. відбулася презентація ПАТ «Українські залізниці», на якій були визначені основні напрями розвитку залізничної галузі, в тому числі і завдання з відновлення технічного стану залізничного рухомого складу шляхом проведення капітальних та відновлювальних ремонтів на підприємствах галузі [4]. Як свідчить аналіз роботи, більше 30% електровозів відмовили через передчасний вихід із ладу тягових електричних машин [3].

© Данілевський В. І., Мельник Т. М., Черних Ю. М., Олійник В. М., 2016



**Рис. 1. Розподіл причин позапланових ремонтів електровозів**

При тому розподіл несправностей тягових електродвигунів такий:

- биття колектора 3%;
- злом вала 2%;
- потрапляння мастила в остов 7%;
- пробій ізоляції та міжвиткове замикання в якорі 30%;
- пробій ізоляції та міжвиткове замикання головних та додаткових полюсів, компенсаційних обмоток 8%;
- пошкодження якірних бандажів 4%;
- пошкодження з'єднань між полюсами, виводів катушок полюсів 3%;
- пошкодження вивідних проводів 2%;
- виплавлення припою із півників колектора 6%;
- пошкодження якірних підшипників 10%;
- пошкодження кронштейнів, траверс, щіткотримачів 2%;
- пошкодження інших вузлів ТЕД 9%;
- низька ізоляція обмоток 6%;
- інші пошкодження 8%.

Як виявилось, причина передчасного виходу із ладу тягових двигунів є ненадійні властивості електричної ізоляції, які не відповідають основним вимогам: термічним (стійкість до змін температури, низька теплопровідність), фізико-механічним (абразивна стійкість до пилу, низька міцність під час розтягування, стискання, здвигів та стійкість до вібрації), електричним і діелектричним (низька електрична міцність та стійкість до довгочасних високих напруг), іншим (вологостійкість, стійкість до хімічних дій).

Протягом багатьох років при будівництві і ремонті тягових електричних машин застосовувалась електрична ізоляція, яка була виготовлена на основі натуральних матеріалів: тканин, азбесту, міканіту, скла, паперу, бітуму та інших. Основним недоліком електричної ізоляції є безсистемне застосування матеріалів з різним класом нагрівостійкості, різним хімічним складом та механічними і електричними властивостями, що не давало можливості створити систему, та в свою чергу скорочувало термін експлуатації і зменшувало міжремонтний пробіг тягового і моторвагонного рухомого складу.

З моменту виготовлення тягових електричних машин і до сьогоднішнього дня вирішується питання удосконалення електричної ізоляції електричних машин, застосовуючи матеріали з кращими електричними і механічними властивостями порівняно з матеріалами, які застосовуються. Тривалий час основні компоненти електричної ізо-

ляції постачалися із-за кордону, переважно з російських підприємств, що стримувало розвиток власного виробництва на підприємствах України. Особливо треба відзначити вартість електричної ізоляції. В сучасних технологіях ремонту електричних машин вартість ізоляції складає 50-80% вартості інших матеріалів. Враховуючи той момент, що в процесі експлуатації і при ремонті електрична ізоляція міняється повністю або частково то складова вартості значно зростає. В сучасних системах електроізоляційних матеріалів застосовується більш широка номенклатура матеріалів, яка дає можливість збільшити міжремонтні пробіги, що дасть можливість зменшити витрати на експлуатацію електричних машин і транспорту в цілому [1], [2], [7].

Починаючи з 1998 р. підприємства України активізували власне виробництво електроізоляційних матеріалів. Серед лідерів з розробки і виробництва електроізоляційних матеріалів і обладнання щодо їх використання було і є на сьогоднішній день Науково-виробниче підприємство «Укрпромвпровадження». Перелік матеріалів та документації, згідно з якою вони випускаються, наведено в табл. 1.

*Таблиця 1. Перелік нормативно-технічної документації на електроізоляційні матеріали виробництва НВП «Укрпромвпровадження»*

Найменування матеріалу, марка	Документація
Мікастрічка	ГОСТ 4268-75
Матеріали електроізоляційні плівкомісткі	ТУ У 25.2-35141676-005:2012
Лакотканини електроізоляційні	ТУ У 20.3-35141676-007:2014
Склотканина просочена	ТУ У 20.3-35141676-008:2014
Мастика електроізоляційна термореактивна	ТУ У 20.3-35141676-006:2014
Компаунд просочувальний електроізоляційний ЕЛПЛАСТ®-155 ІД, ЕЛПЛАСТ®-180 ІД	ТУ У 20.3-35141676-010:2016
Склотекстоліт електротехнічний листовий	ГОСТ 12652-74
Матеріал термостійкий Гаматерм ®	ТУ У 17.5-35141676-003:2010
Матеріал Гамалайт®	ТУ У 17.5-35141676-004:2010

Ефективність нових електроізоляційних матеріалів реалізується головним чином через системи ізоляції тягових електричних машин і трансформаторів, які, загалом, визначають експлуатаційні характеристики – довговічність і надійність в експлуатації. На сьогоднішній день підприємство освоїло виробництво матеріалів з яких є можливість створювати системи електроізоляційних матеріалів, в основу яких покладено сучасні матеріали вітчизняного виробництва, серед них слюда і матеріали на її основі, склотканини і склопапір, полімерні плівки, натуральний і синтетичний папір і картон, різні просочувальні і покривні склади(лаки, компаунди, емалі). Властивості цих матеріалів дозволяють підвищити експлуатаційну надійність роботи тягових електричних машин. Вона залежить перш за все від класу нагрівостійкості матеріалів, які застосовуються, їх електричної та механічної міцності та вологостійкості. Зміст системи ізоляції та область застосування подані в табл. 2 і табл. 3.

Пропонуються системи електричної ізоляції, які застосовуються при ремонті тягових електричних машин і трансформаторів, як силових, так і низьковольтних, новітні вітчизняні системи електричної ізоляції, які відповідають основним вимогам до просочувальних складів: висока діелектрична характеристика, забезпечення класу нагрівостійкості, низька в'язкість, короткий час гелеутворення, висока текучість, достатній час життя, безпека і екологічність [5].

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

**Таблиця 2. ТЕРМОЛІТ F(т) – система ізоляції для виготовлення та ремонту ТЕД локомотивів на основі ЕІМ виготовлення НВП «Укрпромвпровадження»**

Область застосування	Обмотка статора			Обмотка якоря
	Котушка головного полюса Котушка додаткового полюса		Компенсаційна котушка	
	Resin Rich	VPI		
1	2	3	4	5
Виткова ізоляція	–	–	–	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗ-ТЕРМ-155-ТПл т. 0,08 мм У 26.8-35141676-002:2009
Корпусна ізоляція	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗ-ТЕРМ-155-ТПл т. 0,1-0,13 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009	Стрічка слюдяна непросочена ЛСКН-160-ТТ т. 0,13 мм ТУ У 22.2-35141676-009:2015	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-155-ТПл т. 0,10 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009	Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-155 ІД ТУ У 20.3-35141676-010:2016
	Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-155 ТУ У 20.3-35141676-010:2016	Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-155 ІД ТУ У 20.3-35141676-010:2016		
Міжвиткова ізоляція	Склолакотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014	Склолакотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-155-ТПл т. 0,10 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009	–
Покрівна ізоляція	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,2x20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,2x20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,1x20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,1x20 ГОСТ 5937-81
Пазова ізоляція	–	–	–	Композиційні матеріали на основі плівок, склотканин і синтетичного паперу Ізофлекс, синтофлекс ТУ У 25.2-35141676-005:2012
Бандаж	–	–	–	Склобандажна стрічка ЛСБЕ – F(Y) 0,2 (прискореного сушіння) ТУ У 17234445771-001-2006

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

Закінчення табл. 2				
1	2	3	4	5
Міжламельна ізоляція колектора	–	–	–	Пластини ізоляційні з колекторного слюдопласту КИФЕ, КИФЕ-А ТУ У 24.3-35141676-011:2016
Колекторні манжети	–	–	–	Формувальний міканіт ФФГ-А, ФМГ-А, 0,3-0,5 ГОСТ 6122-75
Допоміжні матеріали	Склотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014, шнур-панчоха ШС ТУ У 26.1-31337015.002.2003, локотканини ізоляційні ТУ У 20.3-35141676-007:2014, матеріал термостійкий Гаматерм ТУ У 17.5-35141676-003:2010, матеріал Гамалайт ТУ У 17.5-35141676-004:2010			
Конструкційні матеріали	Склотекстоліт СТЕФ-1 ГОСТ 12652-74			
Заповнення пустот	Мастика електроізоляційна термореактивна МЕТ ТУ У 20.3-35141676-006:2014			

**Таблиця 3. ТЕРМОЛІТ Н(т) – система ізоляції для виготовлення та ремонту ТЕД локомотивів на основі ЕІМ виготовлення НВП «Укрпромвпровадження»**

Область застосування	Обмотка статора			Обмотка якоря
	Котушка головного полюса Котушка додаткового полюса		Компенсаційна котушка	
	Resin Rich	VPI		
1	2	3	4	5
Виткова ізоляція	–	–	–	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-180-ТПм т. 0,10 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009
Корпусна ізоляція	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-180-ТПм т. 0,1-0,13 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009 Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-180 ІД ТУ У 20.3-35141676-010:2016	Стрічка слюдяна непросочена ЛСКН-160-ТТ т. 0,13 мм ТУ У 22.2-35141676-009:2015 Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-180 ІД ТУ У 20.3-35141676-010:2016	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-180-ТПм т. 0,10 мм ТУ У 26.8-35141676-002:2009	Компаунд просочувальний ЕЛПЛАСТ-180 ІД ТУ У 20.3-35141676-010:2016

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5
Міжвиткова ізоляція	Склолакотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014	Склолакотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014	Стрічка слюдяна просочена ЕЛІЗТЕРМ-180-ТПм т. 0,10 мм ТУ У 26.8-5141676-002:2009	—
Покрівна ізоляція	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,2х20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,2х20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,1х20 ГОСТ 5937-81	Стрічка скляна електроізоляційна ЛЕСБ 0,1х20 ГОСТ 5937-81
Пазова ізоляція	—	—	—	Композиційні матеріали на основі плівок, склотканин і синтетичного паперу Імідофлекс, синтофлекс ТУ У 25.2-35141676-005:2012
Бандаж	—	—	—	Склобандажна стрічка ЛСБЕ – Н(У) 0,2 (прискороного сушіння) ТУ У 17234445771-001-2006
Міжламельна ізоляція колектора	—	—	—	Пластини ізоляційні з колекторного слюдопласту КИФЕ, КИФЕ-А ТУ У 24.3-35141676-011:2016
Колекторні манжети	—	—	—	Формувальний міканіт ФФГ-А, ФМГ-А, 0,3-0,5 ГОСТ 6122-75
Допоміжні матеріали	Склотканина просочена ПС-ІФ ТУ У 20.3-35141676-008:2014, шнур-панчоха ШС ТУ У 26.1-31337015.002.2003, лакотканини ізоляційні ТУ У 20.3-35141676-007:2014, матеріал термостійкий Гаматерм ТУ У 17.5-35141676-003:2010, матеріал Гамалайт ТУ У 17.5-35141676-004:2010			
Конструкційні матеріали	Склотекстоліт СТ-ЕТФ ГОСТ 12652-74			
Заповнення пустот	Мастика електроізоляційна термореактивна МЕТ ТУ У 20.3-35141676-006:2014			

Аналіз роботи по ремонту тягових електричних машин на підприємствах: ПАТ Київський ЕВРЗ, ПАТ Запорізький ЕРЗ, ПАТ Львівський ЛРЗ, ПАТ Дніпропетровський ТРЗ, ПрАТ Смілянський ЕМЗ, свідчить, що є актуальні питання, які необхідно вирі-

шувати уже сьогодні, а саме: актуалізація конструкторської документації електричних машин; заміна морально застарілого обладнання (мийні машини, просочувальні автоклави, сушильні пічки, контрольно-вимірювальне, діагностичне і випробувальне обладнання); розширення асортиментна електронно-вимірювального обладнання вітчизняного виробництва.

Для покращення якості ремонту електричних машин необхідне використання нової системи ізоляції Термоліт F(т) і Термоліт H(т), що дасть зменшення товщини ізоляції в пазу, з'явилася можливість збільшення поперечного перетину провідника міді котушок якорів та обмоток полюса, відповідно і потужності електричних машин.

З впровадженням вищезазначених систем електроізоляційних матеріалів вітчизняного виробництва значно зменшиться відсоток позапланового виходу із ладу тягових двигунів із роботи.

### **Висновки**

1. Системи ізоляції ТЕРМОЛІТ мають високі термічні, діелектричні, технологічні властивості, що дозволить зменшити вартість ремонту і виготовлення електричних машин при одночасному покращенні якості ізоляції.

2. Використання систем ТЕРМОЛІТ дозволяє збільшити міжремонтний пробіг електрорухомого складу;

3. При використанні систем ізоляції ТЕРМОЛІТ і нових технологій можна збільшити потужності електричної машини на 10-15% за рахунок збільшення теплопровідності систем електричної ізоляції та збільшення перетину проводів обмоток якоря та головних і додаткових полюсів.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Дубинець Л. В., Момот О. І., Маренич О. Л. Електричні машини. Трансформатори. Асинхронні машини: – Д.: Вид-во. Дніпропетровський нац. ун-ту залізнич. транс. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 208 с.
2. Дубинець Л. В., Момот О. І., Маренич О. Л. Електричні машини. Синхронні електричні машини. Машини постійного струму: – Д.: Вид-во. Дніпропетровський нац. ун-ту залізнич. транс. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – 200 с.
3. Мельник Т. М. Обзор современных систем изоляции: критерии выбора. Опыт внедрения систем изоляции Термолит в Украине. // ООО НПП «Укрпромвнедрение» – Киев, 2016. – 44 с.
4. Департамент локомотивного господарства. Концепція експлуатації локомотивного парку у вантажному, пасажирському русі та приміських перевезеннях. Серпень, 2015 р.
5. Данилевський В. І., Тарасюк В. М. Конструкція електричних машин електропоїздів залізниць України: Монографія. – К.: ДЕТУТ, 2014. – 92 с.
6. Данилевський В. І., Мельник Т. М. Підвищення надійності роботи тягових двигунів тягового моторвагонного рухомого складу залізниць України // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія». – К.: ДЕТУТ, 2008. – С. 38-40.
7. Черних Ю. М. Засновки впровадження нових електроізоляційних матеріалів при ремонті тягових електричних машин залізничного рухомого складу. – В кн.: Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології. // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Серія «Техніка, технологія». – К.: ДЕТУТ, 2011. –С. 147-149.

**V. I. Danylevskiy, PhD (Technical Sciences)**

*(Associate Professor of Traction Rolling Stock of Railways Chair of State University for Transport Economy and Technologies)*

**T. M. Melnyk, PhD (Chemistry Sciences)**

*(Technical Director ООО NPP «Ukrpromvprovdzhennia»)*

**Yu. M. Chernykh, PhD (Technical Sciences), Associate Professor**

*(Professor of Traction Rolling Stock of Railways Chair of State University for Transport Economy and Technologies)*

*V. M. Oliinyk*  
(Graduate Student Traction Rolling Stock of Railways Chair of State University for Transport Economy and Technologies)

### MODERN DOMESTIC SYSTEMS OF ELECTRIC INSULATING MATERIALS

*Analysis of work electric locomotives shows that more than 30% of failures due to premature failure of electric traction vehicles, while the breakdown of insulation anchors, the main and additional poles, compensating windings, damaging connections between the poles, reels pole terminals account for 42% of failures. Usin insulation does not meet basic thermal, physical, mechanical, electrical and dielectric requirements. Scientific Production Enterprise «Ukrpromvprovadzhennya» insulation system developed for manufacturing and repairing locomotives traction motors Termolit F(t) and Termolit H(t), which meet the basic requirements of impregnating compositions, high dielectric characteristics, providing thermal class, low viscosity, short gelation time, high fluidity, sufficient time «life», safety and environmental friendliness.*

*When using isolation Termolit and new technology may increase the power of the electric machine by 10-15%, by increasing the thermal conductivity and electrical insulation systems increase winding wires crossing the anchor and head and poles, and increase turnaround of electromotive run.*

*Keywords: electrical insulation, Termolit, insulation materials.*

### REFERENCES

1. Dubynets L. V., Momot O. I., Marenych O. L. Elektrychni mashny. Transformatory. Asynkronni mashyny (Electrical machinery. Transformers. Asynchronous machines), Vyd-vo. Dnipropetrovskiyi nats.. un-tu zaliznych. trans. im. akad. V.Lazariana, 2004, 208 p.
2. Dubynets L. V., Momot O. I., Marenych O. L. Elektrychni mashny. Synkronni elektrychni mashyny . Mashyny postiiinoho strumu (Electric cars. Synchronous electric cars. DC machines), Vyd-vo. Dnipropetrovskiyi nats.. un-tu zaliznych. trans. im. akad. V.Lazariana, 2007, 200 p.
3. Melnik T. M. Obzor sovremennyih sistem izolyatsii: kriterii vyibora. Opyit vnedreniya sistem izolyatsii Termolit v Ukraine. (Overview of modern insulation systems: the selection criteria. Experience of implementing insulation systems Termolit in Ukraine), OOO NPP «Ukrpromvnedrenie» Kiev, 2016, 44 p.
4. Departament lokomotyvnoho hospodarstva. Kontsepsiia ekspluatatsii lokomotyvnoho parku u vantazhnomu, pasazhyrskomu rusi ta prymiskykh perevezenniakh (Department of locomotive economy. The concept of operation of the locomotive fleet of cargo, passenger traffic and commuter traffic). August 2015
5. Danylevskiyi V. I., Tarasiuk V. M. Konstruktsiia elektrychnykh mashyn elektroizdiv zaliznyts Ukrainy (Design of electric machines electric railways of Ukraine). Monohrafiia DETUT, 2014, 92 p.
6. Danilevskiyi V. I., Melnyk T. M. Pidvyshchennia nadiinosti roboty tiahovykh dyvhuniv tiahovoho motorvahonnoho rukhomoho skladu zaliznyts Ukrainy (Increased reliability of traction motors traction motor-wagon rail transport Ukraine). Materialy chetvertoi mizhnarodnoi naukovo praktychnoi konferentsii. Seriia «Tekhnika, tekhnolohiia», K.: DETUT, 2008, pp. 38-40
7. Chernykh Yu. M. Zasnovok vprovadzhennia novykh elektroizoliatsiinykh materialiv pry remonti tiahovykh elektrychnykh mashyn zaliznychnoho rukhomoho skladu (Premise of introducing new insulating materials in the repair of traction electric cars rolling stock), V kn.: Problemy ta perspektyvy rozvytku transportnykh system v umovakh reformuvannia zaliznychnoho transportu: upravlinnia, ekonomika i tekhnolohii: Materialy V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Seriia «Tekhnika, tekhnolohiia», K.: DETUT, 2011, pp. 147-149.