

Ж.В. Сокотун, О.Б. Кошелева, Ю.М. Пилипенко, Н.А. Зубрецька

*Київський національний університет технологій та дизайну, Київ*

## НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОЛІВІНІЛХЛОРИДНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ КАБЕЛІВ

*У статті обґрунтована доцільність систематизації та впорядкування нормативної документації, яка регламентує вимоги щодо контролю та оцінювання якості полівінілхлоридної ізоляції електричних кабелів відповідно до вимог міжнародних стандартів. Проведено аналіз чинної в Україні нормативної бази методів контролю якості електроізоляційних матеріалів електричних кабелів, на основі якого систематизовано діючі гармонізовані та міжнародні стандарти на методи випробування полівінілхлоридної ізоляції за структурними, оптичними, механічними, електричними властивостями при впливі експлуатаційних факторів; встановлено перелік змін у нормативній документації. Використання отриманих результатів дозволить обирати прийнятні стандарти для контролю якості полівінілхлоридної ізоляції електричних кабелів шляхом проведення випробувань з урахуванням умов експлуатації на різних етапах її життєвого циклу.*

**Ключові слова:** *контроль якості, властивості полівінілхлоридної ізоляції, пластикат, електричні кабелі, методи випробувань, нормативне забезпечення.*

### Вступ

Довговічність та безпечність експлуатації електричних кабелів залежить від надійності їх ізоляції, яка визначається якістю сировини, технологією виготовлення та експлуатаційними умовами. При виробництві найбільш поширених низьковольтних електричних кабелів з номінальною напругою до 1 кВ широке застосування знайшла полівінілхлоридна (ПВХ) ізоляція в зв'язку з її високою надійністю, механічною міцністю та стійкістю до зовнішніх факторів [1–3]. Проте в умовах впливу експлуатаційних факторів різної інтенсивності та тривалості дії відбувається старіння матеріалу, що зумовлює погіршення характеристик кабелю в цілому та знижує термін його використання за призначенням. Тому з метою контролю та забезпечення якості та безпечності експлуатації кабелю проводять випробування його складових, зокрема, ізоляції.

Контроль стану ізоляції проводять стандартизованими методами приймальних випробувань такими як візуальний контроль, спектроскопія, вимірювання опору та міцності ізоляції та ін. Дослідженню властивостей ПВХ пластикатів присвячено роботи В. Шаха, С.В. Серебрянникова, С.Д. Холода, М.М. Павлова Д.М. Казарновського, В.Я. Ушакова, В.С. Кіма, В.К. Крижановського, М.А. Боева та ін. [2–9]. Аналіз цих робіт показує, що застосування нових матеріалів, конструктивних і технологічних рішень обумовлює необхідність проведення заходів контролю, що спрямовані на забезпечення якості електричних кабелів на різних стадіях їх життєвого

циклу з використанням відповідної нормативної документації (НД).

На сьогодні існує великий масив НД, що регламентує порядок випробувань різних типів кабельної продукції, яка широко використовується в електротехнічних виробках всіх галузей. Проте, немає чітко визначеної класифікації НД на випробування за основними властивостями пластикату в умовах впливу різних факторів, що дозволило б обирати найбільш прийнятні стандарти на методи випробувань ПВХ ізоляції з огляду на умови експлуатації електричних кабелів.

Слід зазначити, що процес гармонізації вітчизняної нормативної бази з міжнародними вимогами обумовлює необхідність перегляду, систематизації та впорядкування великого масиву стандартів, які діють в Україні в сфері контролю якості електроізоляційних матеріалів.

**Метою дослідження** є аналіз та систематизація нормативної документації на методи контролю якості полівінілхлоридної ізоляції електричних кабелів.

### Результати досліджень

В процесі експлуатації електричного кабелю внаслідок впливу кліматичних та механічних факторів виникають пошкодження матеріалу ізоляції – тріщини, повітряні вclusions, проникнення вологи до струмопровідної жили (рис. 1). Це призводить до незворотних змін властивостей кабелю та знижує його надійність і безпечність [1; 3–6].



Рис. 1. Фактори впливу та види пошкоджень ПВХ ізоляції електричних кабелів

Ізоляція кабелів характеризується цілим комплексом властивостей, які можна розділити на електричні (електрична міцність та електричний опір), механічні (механічна міцність ізоляції), теплові (низька теплопровідність, нагрівостійкість, холодостійкість) та технологічні (характеристики матеріалів і технології виготовлення, в тому числі й економічні). Для відстеження динаміки змін цих властивостей та контролю якості ПВХ ізоляції проводять випробування за відповідними стандартами [7–9].

НД, що регламентують порядок випробувань електроізоляційних матеріалів, як правило розробляються відповідними організаціями, які проводять науково-дослідну та практичну діяльність у відповідній сфері, а саме: Американська спілка випробування матеріалів (ASTM International), Європейський комітет із стандартизації по електротехніці (CENELEC), Міжнародна електротехнічна комісія (IEC), Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) та ін. [10–13].

ASTM International розробляє НД в різних галузях: від переробки пластмас до охорони навколишнього середовища. Безпосередньо питаннями розробки та впровадження стандартів для електроізоля-

ційних полімерних матеріалів займаються технічні комітети (ТК) D09 «Ізоляційні матеріали для електричних та електронних приладів», D20 «Пластмаси», а також комітет G03 «Вплив атмосферних умов на зносостійкість», що вивчає питання деструкції матеріалів. В таблиці 1 наведено основні стандарти ASTM, які містять вимоги до випробувань полімерних ізоляційних матеріалів за основними властивостями.

CENELEC – міжнародна організація, метою якої є розроблення та впровадження європейських норм (EN) у сфері електротехніки, яка тісно співпрацює з IEC та ISO. Розробкою та впровадженням НД в рамках CENELEC займаються наступні ТК: CLC/SR 15 «Ізоляційні матеріали», CLC/SR 20 «Електричні кабелі», CLC/SR 56 «Надійність», CLC/SR 86 «Пожежна безпека», CLC/SR 112 «Оцінювання та характеристики електроізоляційних матеріалів і систем», CLC/SR 111X «Навколишнє середовище».

В Україні з метою впровадження європейських стандартів в 1999 році створено ТК 131 «Електроізоляційна та кабельна техніка», який займається питаннями розроблення та погодження національних стандартів, надання пропозицій щодо скасування та відновлення дії національних НД, надання роз'яснень щодо положень НД, яка належить до сфери діяльності цього ТК. Діяльність ТК 131 направлена на розробку та впровадження НД, що регламентує вимоги до електроізоляційних матеріалів та електротехнічних виробів [14].

Стандарти ASTM 5576 та ASTM 2124 визначають норми для структурних властивостей полівінілхлориду [15–16]. Стандарт ASTM 5576 встановлює вимоги до процедури випробувань методом інфрачервоної спектроскопії для визначення молекулярної структури матеріалу; стандарт ASTM 2124 – процедуру випробувань методом інфрачервоної спектроскопії для ідентифікації компонентів (резин, стабілізаторів та фільтрів) для ПВХ ізоляції.

Таблиця 1

Стандарти ASTM на методи випробувань ПВХ ізоляції електричних кабелів

<b>Структурні та оптичні властивості</b>	
ASTM 5576–00(2013)	Випробування методом інфрачервоної спектроскопії для визначення молекулярної структури матеріалу
ASTM 2124–99(2011)	Випробування методом інфрачервоної спектроскопії для ідентифікації компонентів (резин, стабілізаторів та фільтрів) для полівінілхлоридної ізоляції
ASTM D4440–15	Випробування на визначення комплексної в'язкості і інших в'язкопружних характеристик полімерних матеріалів в залежності від частоти, амплітуди деформації, температури і часу
<b>Механічні властивості</b>	
ASTM D638–14	Випробування методом розтягу
ASTM D790–15e2	Випробування на згин неармованих та армованих пластмас та електроізоляційних матеріалів

Закінчення табл. 1

<i>Електричні властивості</i>	
ASTM D2132–12	Випробування на відстеження змін в електричних ізоляційних матеріалах в умовах впливу пилу, туману та ерозійного опору
ASTM D149–09(2013)	Випробування на діелектричну пробивну напругу та електричну міцність твердих електроізоляційних матеріалів
<i>Кліматичні властивості</i>	
ASTM G24–13	Випробування на вплив денного світла (комбінації сонячної радіації, температури та вологості) через скляні фільтри

Метод інфрачервоної спектрофотометрії передбачає ідентифікацію та кількісну оцінку смол, пластифікаторів, стабілізаторів і наповнювачів у полівінілхлориді. Інші інструментальні методи випробувань, такі як оптичне випромінювання або рентгенівських спектроскопічні методи, у разі потреби можуть дати додаткову вимірвальну інформацію про компоненти полівінілхлориду.

Стандарти ASTM D638–99 та ASTM D790–98 встановлюють вимоги до механічних властивостей матеріалу [17–18]. Зокрема, стандарт ASTM D638–99 містить вимоги до випробувань методом розтягу на визначення властивостей неармованих і армованих пластиків при розтягуванні у вигляді стандартних дослідних зразків за певних умов попередньої обробки, температури, вологості швидкості розтягування на розривній машині.

Стандарт ASTM D790–98 встановлює вимоги до процедури випробування для визначення властивостей неармованих і армованих пластиків, композитів електричних ізоляційних матеріалів при згині. Метод, як правило, застосовується до жорстких і напівжорстких матеріалів.

Стандарт ASTM D4440–15 визначає вимоги до методу випробувань на визначення реологічних властивостей термопластичних смол та інших типів розплавлених полімерів. Він може бути використаний також для визначення комплексної в'язкості й інших в'язкопружних характеристик матеріалів в залежності від частоти, амплітуди деформації, температури і часу [19].

Стандарт ASTM D2132–12 регламентує випробування на вплив сольового туману, вугільного пилу, відкладення вологості та бруду, внаслідок впливу яких змінюється діелектрична провідність матеріалу [20].

Стандарт ASTM D149–09(2013) описує методику випробування на електричну міцність матеріалу внаслідок впливу напруги різної частоти [21]. Стандарт ASTM G24–13 містить вимоги та методику випробувань електроізоляційного матеріалу на деградацію після впливу сонячної радіації, температури повітря та відносної вологості [22].

НД, яка регламентує вимоги до ізоляційних матеріалів та їх випробувань на рівні EN, включає в себе такі групи стандартів як ДСТУ EN 60227, ДСТУ ІЕС 60811 [23–24]. Стандарти серії ДСТУ ІЕС 60227 поширюються на низьковольтні кабелі для стаціонарного та нестаціонарного прокладання з ізоляцією та оболонкою з ПВХ пластику, якщо це передбачено конструкцією. У стандартах цієї групи встановлено вимоги до випробувань неелектричних чинників ПВХ ізоляції, що також описані у ДСТУ EN 60811.

ДСТУ ІЕС 60227–1 містить інформаційну табл. 1 з посиланнями на стандарти серії ДСТУ ІЕС 60811, що містять вимоги до випробувань ПВХ-ізоляції електричних кабелів неелектричних та електричних чинників. Проте, аналіз НД показав, що в результаті впровадження в Україні міжнародних стандартів EN виникла необхідність заміни стандартів серії ДСТУ ІЕС 60811 на ДСТУ EN 60811.

В табл. 1 стандарту ДСТУ ІЕС 60227–1 наведено посилання на методи випробувань ПВХ-ізоляції, регламентовані не чинними в Україні стандартами серії ДСТУ ІЕС 60811. Результати аналізу представлені в табл. 2, в якій вказано перелік чинних НД на методи випробування ізоляції електричних кабелів.

Згідно стандартів серії ДСТУ ІЕС 60227 та серії ДСТУ EN 60811 є два види випробувань ізоляції на неелектричні та електричні чинники.

До першої групи відносять вимірювання геометричних розмірів (товщини ізоляції, неметалевої оболонки та загальних розмірів), а також випробування на: температурне старіння (старіння у сушарці); водопоглинання; температурну стабільність ПВХ оболонок та ізоляції; стійкість до розтріскування компаундів; втрату маси; ламкість за низької температури компаунду; старіння у повітряній бомбі; визначення механічних властивостей ізолюючих та оболонкових компаундів; згинання ізоляції та оболонок за низької температури; нагрівання зшитих матеріалів; тиск за високої температури, стійкість до розтріскування (тепловий удар); міцність на розрив та видовження за розриву після витримки за підвищеної температури.

Перелік змін у нормативних документах на методи випробування ізоляції електричних кабелів

<i>Позначення НД</i>	<i>Назва НД</i>	<i>На заміну</i>
ДСТУ EN 60811-201:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 201. Загальні випробування. Вимірювання товщини ізоляції	ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004
ДСТУ EN 60811-202:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 202. Загальні випробування. Вимірювання товщини неметалевої оболонки	ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004
ДСТУ EN 60811-203:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Ч.203. Загальні випробування. Вимірювання загальних розмірів	ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004
ДСТУ EN 60811-401:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 401. Різні випробування. Методи температурного старіння. Старіння у сушарці	ДСТУ ІЕС 60811-1-2:2004
ДСТУ EN 60811-402:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 402. Різні випробування. Випробування на водопоглинання	ДСТУ ІЕС 60811-1-3:2005
ДСТУ EN 60811-405:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Ч.405. Різні випробування. Випробування PVC ізоляції та PVC оболонок на температурну стабільність	ДСТУ EN 60811-3-2:2004
ДСТУ EN 60811-406:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 406. Різні випробування. Випробування поліетиленових та поліпропіленових компаундів на стійкість до розтріскування від ударів	ДСТУ ІЕС 60811-4-1:2005
ДСТУ EN 60811-408:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 408. Випробування поліетиленових та поліпропіленових компаундів на довготривалу стійкість	ДСТУ ІЕС 60811-4-2:2002
ДСТУ EN 60811-409:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 409. Різні випробування. Випробування на втрату маси термопластичної ізоляції та оболонок	ДСТУ EN 60811-3-2:2004
ДСТУ EN 60811-411:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 411. Різні випробування. Ламкість за низької температури заливальних компаундів	ДСТУ ІЕС 60811-5-1:2002
ДСТУ EN 60811-412:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 412. Різні випробування. Методи температурного старіння. Старіння у повітряній бомбі	ДСТУ ІЕС 60811-1-2:2004
ДСТУ EN 60811-501:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 501. Різні випробування. Випробування для визначення механічних властивостей ізолюючих та оболонкових компаундів	ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004
ДСТУ EN 60811-504:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 504. Різні випробування. Випробування на згинання ізоляції та оболонок за низької температури	ДСТУ ІЕС 60811-1-4:2004
ДСТУ EN 60811-505:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 505. Різні випробування. Розтягування ізоляції та оболонок за низької температури	ДСТУ ІЕС 60811-1-4:2004
ДСТУ EN 60811-506:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 506. Різні випробування. Випробування на удар ізоляції та оболонок за низької температури	ДСТУ ІЕС 60811-1-4:2004

Закінчення табл. 2

<i>Позначення НД</i>	<i>Назва НД</i>	<i>На заміну</i>
ДСТУ EN 60811-507:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 507. Різні випробування. Ряд випробувань на нагрівання зшитих матеріалів	ДСТУ ІЕС 60811-2-1:2004
ДСТУ EN 60811-508:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 508. Різні випробування. Випробування ізоляції та оболонки тиском за високої температури	ДСТУ ІЕС 60811-3-1:2004
ДСТУ EN 60811-509:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 509. Різні випробування. Випробування ізоляції та оболонки на стійкість до розтріскування (тепловий удар)	ДСТУ ІЕС 60811-3-1:2004
ДСТУ EN 60811-512:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 512. Механічні випробування. Спеціальні методи до поліетиленових та поліпропіленових компаундів. Міцність на розрив та видовження за розриву після витримки за підвищеної температури	ДСТУ ІЕС 60811-4-2:2002
ДСТУ EN 60811-606:2014	Електричні та оптичні волоконні кабелі. Методи випробувань не металевих матеріалів. Частина 606. Фізичні випробування. Методи визначення густини	ДСТУ ІЕС 60811-1-3:2005

До неелектричних випробувань відносять випробування на вимірювання опору ізоляції, питомої провідності та питомого опору постійного струму компаундів при температурі 23°C та 100°C, визначення резистивних властивостей електроізоляційних матеріалів.

У табл. 3 представлено результати аналізу стандартів ДСТУ EN та ДСТУ ІЕС, що містять вимоги до випробувань полімерних ізоляційних матеріалів за електричними та неелектричними властивостями.

Таблиця 3

Стандарти ДСТУ EN та ДСТУ ІЕС, які регламентують методи випробувань ізоляції кабелів

<i>Неелектричні випробування</i>	
ДСТУ ІЕС 60277-2:2002	Метод випробування товщини ізоляції
ДСТУ EN 60811-203:2014	Метод вимірювання зовнішніх розмірів
ДСТУ EN 60811-401:2014	Метод випробування на температурне старіння. Старіння у сушарці
ДСТУ EN 60811-402:2014	Метод випробування на водопоглинання.
ДСТУ EN 60811-405:2014	Метод випробування PVC ізоляції та PVC оболонки на температурну стабільність
ДСТУ EN 60811-409:2014	Метод випробування на втрату маси термопластичної ізоляції та оболонки
ДСТУ EN 60811-412:2014	Метод випробування на температурне старіння. Старіння у повітряній бомбі
ДСТУ EN 60811-501:2014	Метод випробування на визначення механічних властивостей ізолюючих та оболонкових компаундів
ДСТУ EN 60811-502:2014	Метод випробування ізоляції на усадку
ДСТУ EN 60811-504:2014	Метод випробування на згинання ізоляції та оболонки за низької температури
ДСТУ EN 60811-505:2014	Метод випробування розтягування ізоляції та оболонки за низької температури
ДСТУ EN 60811-506:2014	Метод випробування на удар ізоляції та оболонки за низької температури
ДСТУ EN 60811-509:2014	Метод випробування на стійкість до розтріскування ізоляції та оболонки (тепловий удар)
<i>Електричні випробування</i>	
ДСТУ ІЕС 60227-2:2007	Метод випробування на вимірювання опору ізоляції
ДСТУ EN 60811-301:2014	Метод випробування на вимірювання питомої провідності компаунду заповнення за 23°C
ДСТУ EN 60811-302:2014	Метод випробування на вимірювання питомого опору постійного струму компаундів за 23°C та 100°C

Аналіз чинної НД дозволив систематизувати стандарти ASTM та ДСТУ EN на методи випробування пластикатів в умовах впливу різних факторів за основними властивостями ПВХ ізоляції (табл. 4).

Це дозволить в залежності від умов експлуатації електричного низьковольтного кабелю обирати найбільш прийнятні стандарти для випробувань ізоляції.

Таблиця 4

Міжнародні та гармонізовані стандарти, які регламентують вимоги щодо якості ізоляції кабелів

<b>Структурні та оптичні властивості</b>	
ASTM 5576–00(2013)	Метод випробування методом інфрачервоної спектрофотометрії для визначення молекулярної структури матеріалу
ASTM 2124–99(2011)	Метод випробування методом інфрачервоної спектрофотометрії для ідентифікації компонентів (резин, стабілізаторів та фільтрів) для полівінілхлоридної ізоляції
ASTM D4440–15	Метод випробування для визначення комплексної в'язкості і інших в'язкопружних характеристик полімерних матеріалів в залежності від частоти, амплітуди деформації, температури і часу
<b>Механічні властивості</b>	
ASTM D638–14	Метод випробування методом розтягу
ASTM D790–15e2	Метод випробування на згин неармованих та армованих пластмас та електроізоляційних матеріалів
ДСТУ EN 60811–505:2014	Метод випробування ізоляції та оболонок за низької температури
ДСТУ EN 60811–504:2014	Метод випробування на згинання ізоляції та оболонок за низької температури
ДСТУ EN 60811–501:2014	Метод випробування на визначення механічних властивостей ізолюючих та оболонкових компаундів
<b>Електричні властивості</b>	
ASTM D2132–12	Метод випробування для відстеження змін в електричних ізоляційних матеріалах в умовах впливу пилу, туману та ерозійного опору
ASTM D149–09(2013)	Метод випробування для діелектричної пробивної напруги та електричної міцності твердих електроізоляційних матеріалів
ДСТУ ІЕС 60227-2:2007	Метод випробування на вимірювання опору ізоляції
ДСТУ EN 60811–301:2014	Метод випробування на вимірювання питомої провідності компаунду заповнення за 23 °С
ДСТУ EN 60811–302:2014	Метод випробування на вимірювання питомого опору постійного струму компаундів за 23 °С та 100 °С
ДСТУ EN 62631–3–1:2016	Метод випробування на визначення резистивних властивостей електроізоляційних матеріалів
<b>Кліматичні властивості</b>	
ASTM G24–13	Метод випробування на вплив денного світла (комбінації сонячної радіації, температури та вологи) через скляні фільтри
ДСТУ EN 60811–405:2014	Метод випробування PVC ізоляції та PVC оболонок на температурну стабільність
ДСТУ EN 60811–409:2014	Метод випробування на втрату маси термопластичної ізоляції та оболонок
ДСТУ EN 60811–412:2014	Метод випробування температурного старіння. Старіння у повітряній бомбі
ДСТУ EN 60811–502:2014	Метод випробування ізоляції на усадку.

## Висновки

На основі проведеного аналізу нормативної бази України на методи контролю якості електроізоляційних матеріалів електричних кабелів встановлено перелік змін чинних національних стандартів на методи випробування полівінілхлоридної ізоляції.

Систематизовано НД на методи випробувань полівінілхлоридної ізоляції електричного кабелю за структурними, оптичними, механічними, електричними та кліматичними властивостями, що дозволить обирати найбільш прийнятні стандарти для проведення випробувань з урахуванням умов експлуатації електричних кабелів.

## Список літератури

1. Капрушенко В.П. Силові кабелі низької та середньої напруги. Конструювання, технологія, якість: підручник / В.П. Капрушенко, Л.А. Щербенюк, Ю.О. Антоненко, О.А. Науменко. – Харків, 2000. – 376 с.
2. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов, 2 изд., перераб. и доп. / С.Н. Колесов, И.С. Колесов. – Москва, 2008. – 535 с.
3. Крыжановский В.К. Технические свойства полимерных материалов: уч.-спр. пос., 2 изд., исправл. и доп. / В.К. Крыжановский. – Санкт-Петербург, 2005. – 248 с.
4. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях / Н.Н. Павлов. – Москва, 1982. – 224 с.
5. Ушаков В.Я. Электрическое старение и ресурс монолитной полимерной изоляции / В.Я. Ушаков. – Москва, 1988. – 152 с.
6. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров / В.С. Ким. – Москва: Химия, 2005. – 568 с.
7. Холодный С.Д. Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике: уч. пос. / С.Д. Холодный, С.В. Серебрянников, М.А. Боев. – Москва, 2009. – 732 с.
8. Шах В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализ причин их разрушения / В. Шах. – Санкт-Петербург, 2009. – 732 с.
9. Крыжановский В.К. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пос. / В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. – Санкт Петербург, 2004. – 464 с.
10. ASTM International [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.astm.org/cis/en/index.html> (дата звернення 15.07.2017).
11. CENELEC [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cenelec.eu/> (дата звернення 15.07.2017).
12. IEC [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.iec.ch/> (дата звернення 15.07.2017).
13. ISO [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/home.html> (дата звернення 15.07.2017).
14. Положення про технічний комітет стандартизації ТК 131 «Електроізоляційна та кабельна техніка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FN024796.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FN024796.html) (дата звернення 15.07.2017).
15. ASTM D5576–00(2013), Standard Practice for Determination of Structural Features in Polyolefins and Polyolefin Copolymers by Infrared Spectrophotometry (FT-IR), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5576-00\(2013\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5576-00(2013)) (дата звернення 15.07.2017).
16. ASTM D2124–99(2011), Standard Test Method for Analysis of Components in Poly(Vinyl Chloride) Compounds Using an Infrared Spectrophotometric Technique, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2124-99\(2011\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2124-99(2011)) (дата звернення 15.07.2017).
17. ASTM D638–99, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D638-99> (дата звернення 15.07.2017).
18. ASTM D790–15e2, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D790-15e2> (дата звернення 15.07.2017).
19. ASTM D4440–15, Standard Test Method for Plastics: Dynamic Mechanical Properties Melt Rheology, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D4440-15> (дата звернення 15.07.2017).
20. ASTM D2132–12, Standard Test Method for Dust-and-Fog Tracking and Erosion Resistance of Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [www.astm.org](http://www.astm.org) (дата звернення 15.07.2017).
21. ASTM D149–09(2013), Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [www.astm.org](http://www.astm.org) (дата звернення 15.07.2017).
22. ASTM G24–13, Standard Practice for Conducting Exposures to Daylight Filtered Through Glass, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [www.astm.org](http://www.astm.org) (дата звернення 15.07.2017).
23. ДСТУ ІЕС 60227 «Кабелі з полівінілхлоридної ізоляцією на номінальну напругу від 450 В до 750 В включно. Частина 1. Загальні вимоги», наказ Держстандарту України від 12 липня 2002 р. № 433 від 2003–10–01 зі зміною терміну чинності згідно з наказом № 60 від 31 березня 2004 р.
24. Стандарти серії ДСТУ EN 60811 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.leonorm.com/Default.php?Page=stlist&ObjId=456&CatId=1&code=&TableNum=2> (дата звернення 15.07.2017).

## References

1. Kaprushenko, V.P., Shhebenjuk, L.A., Antonec', Ju.O. and Naumenko, O.A. (2000), "Silovi kabeli niz'koї ta seredn'oi naprugi. Konstruivannja, tehnologija, jakist'" [Power cables. Construction, technology, quality], Kharkiv, 376 p.
2. Kolesov, S.N. and Kolesov, I.S. (2008), "Materialoveden'e i tehnologija konstrukcionnyh materialov" [Material Science and Technology of Construction Materials], Moscow, 535 p.
3. Kryzhanovskij, V.K. (2005), "Tehnicheskie svojstva polimernyh materialov" [Technical properties of the polymeric materials], Sankt-Peterburg, 248 p.
4. Pavlov, N.N. (1982), "Starenie plastmass v estestvennye i iskusstvennyh uslovijah" [Aging of plastics in natural and artificial conditions], Moscow, 224 p.
5. Ushakov, V.Ja. (1988), "Jelektricheskoe starenie i resurs monolitnoj polimernoj izoljaciji" [Electrical aging and lifetime of monolithic polymer insulation], Moscow, 152 p.
6. Kim, V.S. (2005), "Teorija i praktika jekstruzii polimerov" [Theory and practice of polymer extrusion], Moscow, 568 p.
7. Holodnyj, S.D., Serebrjannikov, S.V. and Boev, M.A. (2009), "Metody ispytanij i diagnostiki v jelektrioizoljacionnoj i kabel'noj tehnike" [Methods of testing and diagnostics in electrical insulating and cable technology], Moscow, 732 p.
8. Shah, V. (2009), "Spravochnoe rukovodstvo po ispytanijam plastmass i analiz prichin ih razrushenija" [Reference Guide for Plastics Testing and Analysis of the Reasons for Their Destruction], Sankt-Peterburg, 732 p.
9. Kryzhanovskij, V.K., Kerber, M.L., Burlov, V.V. and Panimatchenko, A.D. (2004), "Proizvodstvo izdelij iz polimernyh materialov" [Manufacture of plastic products], Sankt-Petersburg, 464 p.
10. ASTM International, <https://www.astm.org/cis/en/index.html> (accessed 15 July 2017).
11. CENELEC, <https://www.cenelec.eu/> (accessed 15 July 2017).
12. IEC, <http://www.iec.ch/> (accessed 15 July 2017).
13. ISO, <https://www.iso.org/home.html> (accessed 15 July 2017).
14. "Polozhennja pro tehničnij komitet standartizacii TK 131 «Elektroizoljacija ta kabel'na tehnika»" [State about standardization technical committee TC 131 «Electric insulation and cable technic»], [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/FN024796.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FN024796.html) (accessed 15 July 2017).
15. ASTM D5576-00(2013), Standard Practice for Determination of Structural Features in Polyolefins and Polyolefin Copolymers by Infrared Spectrophotometry (FT-IR), (2013), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5576-00\(2013\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D5576-00(2013)), (accessed 15 July 2017).
16. ASTM D2124-99, Standard Test Method for Analysis of Components in Poly(Vinyl Chloride) Compounds Using an Infrared Spectrophotometric Technique, (2011), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2124-99\(2011\)](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2124-99(2011)) (accessed 15 July 2017).
17. ASTM D638-99, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, (2002), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D638-99](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D638-99) (accessed 15 July 2017).
18. ASTM D790-15e2, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, (2015), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D790-15e2](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D790-15e2) (accessed 15 July 2017).
19. ASTM D4440-15 Standard Test Method for Plastics: Dynamic Mechanical Properties Melt Rheology, (2015), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D4440-15](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D4440-15) (accessed 15 July 2017).
20. ASTM D2132-12 Standard Test Method for Dust-and-Fog Tracking and Erosion Resistance of Electrical Insulating Materials (2012), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org) (accessed 15 July 2017).
21. ASTM D149-09 Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies, (2013), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org) (accessed 15 July 2017).
22. ASTM G24-13, Standard Practice for Conducting Exposures to Daylight Filtered Through Glass, (2013), ASTM International, West Conshohocken, PA, [www.astm.org](http://www.astm.org) (accessed 15 July 2017).
23. DSTU IEC 60227-1:2002 "Kabeli z polivinilhloridnoї izoljacieju na nominal'nu naprugu vid 450 V do 750 V vključno. Chastina 1. Zagal'ni vimogi", [DSTU IEC 60227-1:2002 «Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V. Part 1. General requirements», nakaz Derzhstandartu Ukraїni vid 12 lipnja 2002 r. № 433 vid 2003-10-01 zi zminuju terminu chinnosti zgidno z nakazom № 60 vid 31 bereznja 2004 r.
24. DSTU EN 60811 <http://www.leonorm.com/Default.php?Page=stlist&ObjId=456&CatId=1&code=&TableNum=2> (accessed 15 July 2017).

Надійшла до редколегії 20.09.2017

Схвалена до друку 16.11.2017



**Відомості про авторів:****Сокотун Жанна Віталіївна**

аспірант Київського національного університету технологій та дизайну,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-5074-7044>  
e-mail: janettavitalievna@gmail.com

**Кошелева Ольга Борисівна**

здобувач Київського національного університету технологій та дизайну,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-8473-7170>  
e-mail: olha.koshelieva@gmail.com

**Пилипенко Юрій Миколайович**

кандидат технічних наук, доцент  
доцент Київського національного університету технологій та дизайну,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-4093-7298>  
e-mail: pyl20453@gmail.com

**Зубрецька Наталія Анатоліївна**

доктор технічних наук, професор  
професор кафедри Київського національного університету технологій та дизайну,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-0439-330X>  
e-mail: zubr2767@gmail.com

**Information about the authors:****Sokotun Zhanna**

Postgraduate Student  
of Kyiv National University of Technologies and Design,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-5074-7044>  
e-mail: janettavitalievna@gmail.com

**Koshelieva Olha**

Postgraduate Student  
of Kyiv National University of Technologies and Design,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-8473-7170>  
e-mail: olha.koshelieva@gmail.com

**Pylypenko Yuriy**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
Associate Professor of Kyiv National University  
of Technologies and Design,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-4093-7298>  
e-mail: pyl20453@gmail.com

**Zubretska Natalia**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Professor of Department of Kyiv National University  
of Technologies and Design,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-0439-330X>  
e-mail: zubr2767@gmail.com

## НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Ж.В. Сокотун, О.Б. Кошелева, Ю.Н. Пилипенко, Н.А. Зубрецькая

*В статье обоснована целесообразность систематизации и упорядочивания нормативной документации, регламентирующей требования к методам контроля и оценки качества поливинилхлоридной изоляции электрических кабелей в соответствии с международными стандартами. Проведен анализ действующей в Украине нормативной базы методов контроля качества электроизоляционных материалов электрических кабелей, на основании которого систематизировано гармонизированные и международные стандарты на испытания поливинилхлоридной изоляции по структурным, оптическим, механическим, электрическим свойствам при воздействии эксплуатационных факторов; установлен перечень изменений в нормативной документации. Использование полученных результатов позволит выбирать приемлемые стандарты для контроля качества поливинилхлоридной изоляции электрических кабелей путем проведения испытаний с учетом условий эксплуатации на разных этапах ее жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** контроль качества, свойства поливинилхлоридной изоляции, пластикат, электрические кабели, методы испытаний, нормативное обеспечение.

## REGULATORY FRAMEWORKS OF QUALITY CONTROL METHODS FOR PVC INSULATION OF ELECTRIC CABLES

Zh. Sokotun, O. Koshelieva, Yu. Pylypenko, N. Zubretska

*It is establish usability of systematization for standards regulates the requirements for the quality control testing of electric cables polyvinylchloride insulation in according to the requirements of international standards. It is shown current standards established the order and conditions of different cable products types testing do not give clearly defined classification of testing standards by different characteristics under operating conditions. It is establish the process of national standards harmonization according to requirements of international standards is depend on necessarily of revision, systematization and normalization for data bulk of standards valid in sphere of quality control for electric insulation materials in Ukraine. As a result of the analysis of standards that regulates the requirements for the quality control testing of polyvinylchloride plastics in the conditions of various factor influences are established a list of changes for harmonized standards and filed the international and harmonized standards for the testing of polyvinylchloride insulation under operating conditions. Using of obtained results allows to choose the most appropriate standards for quality control of electric cables polyvinylchloride insulation by testing under using conditions.*

**Keywords:** quality control, PVC, isolation properties, plastics, electrical cables, test methods.