

УДК 621.31:519.7

Є. А. Бондаренко, канд. техн. наук, доц.

## ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ ТА АНАЛІЗУ РИЗИКУ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

*Розглянуто етапи розвитку теорії та практики електробезпеки. Відмічено корисність методології ризику для управління електробезпекою. З урахуванням сучасних знань проведено поняттєво-термінологічну систематизацію в області ризику та електробезпеки, виділено фундаментальні поняття для подальшого розвитку теорії управління системою енергобезпеки.*

### Вступ

Питання теорії та практики електробезпеки приваблює дослідників різних галузей (лікарів, фізиків, енергетиків, соціологів та економістів) з давніх часів. Перший систематичний опис дії електрики на людину був зроблений в кінці XV ст. англійським лікарем Джільбертом. Ним написана перша монографія на цю тему. В 1848 р. французький астроном, фізик і математик Домінік Француа Араго видав книгу з характерною назвою «Грім і блискавка», де описав численні випадки прояву атмосферної електрики та рекомендації щодо захисту від ураження [1].

Електротравматизм як проблема виник в останній чверті XIX століття в зв'язку з широким впровадженням змінного струму частотою 50/60 Гц. Відразу була виявлена більша небезпека змінного струму, хоча достатніх відомостей про механізм дії струму на організм людини не було, так само не були відомі й захисні заходи. Перший опис смертельної травми від дії постійного струму зроблено в 1863 р. французом Леруа-де-Меркюрі, а від дії змінного — австрійським вченим С. Еллинеком — в 1882 р. [2]. У 1900 р. на Першому Всеросійському електротехнічному з'їзді, який відбувся в Петербурзі, були викладені наукові результати дослідження дії електричного струму на організм людини та спроба розробки правил безпечного використання електричної енергії [2]. В той самий час виходить відома робота Прево та Бателлі з дослідженням механізмів електротравми. Однак формування електробезпеки як науки відноситься до більш пізнього періоду (20—30 роки XX століття), коли виходять у світ перші монографії С. Еллинека [3], О. Лебля [4] та інші, в яких проаналізовано нещасні випадки від дії електрики та розглянуто методи розрахунку пристроїв із заземленням.

В опублікованих в 1936 р. матеріалах американських дослідників Л. Ферріса, Б. Кінга, П. Спенса та Г. Вільямса вперше були наведені кількісні характеристики явища фібриляції серця та вказано на наявність інтервалу серцевого циклу, вразливого до дії струму [5]. Різні фізіологічні дії електричного струму детально дослідив Ч. Дальзіел [6].

Ріст електрифікації народного господарства та побуту населення після Другої світової війни став поштовхом до інтенсивного розвитку досліджень з теорії електробезпеки. Значні і глибокі дослідження з теорії електробезпеки були проведені в колишньому Радянському Союзі, зокрема у: Ленінградському інституті охорони праці (Ю. А. Морозов, В. І. Філіпов, Т. Е. Сазонова), Ленінградському інституті гігієни праці і профзахворювань (Т. П. Асанова, Н. В. Рєвнова), Московському енергетичному інституті (П. А. Долин, В. А. Князевский, Ю. Н. Гусєв), Сибірському науково-дослідному інституті енергетики, Московському гірничому інституті (МГІ) та ін.

Значним кроком у розумінні механізму дії електричного струму на організм людини стали роботи В. Є. Манойлова, результати яких опубліковані у монографіях «Проблеми електробезпеки» (1961 р.) та «Основи електробезпеки» (5-те видання у 1991 р.) [2].

Як результат численних досліджень в кінці шістдесятих років XX століття в колишньому СРСР були створені основи для встановлення первинних критеріїв електробезпеки [7]. Зазначимо, що не дивлячись на деякі недоліки цих критеріїв, на той час їх введення було прогресивним явищем і дозволило розробити проект «Тимчасових норм» [8]. З 1 липня 1983 р. був введений в дію ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов», який зі зміною № 1 від 1 липня 1988 р. чинний до цього часу в Україні. Відповідні

критерії і норми прийняті за кордоном.

Питання про ступінь шкідливої дії електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ) на персонал, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, було поставлено в СРСР ще в п'ятдесятих роках минулого століття. Однак тільки через десятки років були встановлені перші норми (ГОСТ 12.1.002-75), які гарантують безпеку праці людини, що обслуговує електроустановки частотою 50 Гц, напругою 330 кВ та вище. ГОСТ 12.1.002-75 встановив допустимий час перебування людини в електричному полі промислової частоти в залежності від напруженості поля в зоні його знаходження, тобто на робочому місці.

Через декілька років, на підставі результатів медикобіологічних досліджень впливу ЕП ПЧ на людину, встановлюють нові норми безпеки впливу ЕП ПЧ промислової частоти на електротехнічний персонал — ГОСТ 12.1.002-84, які діють до теперішнього часу в Україні і лягли в основу ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

Слід зазначити, що загальним недоліком проведених до недавнього часу досліджень була відсутність чіткого та цілісного уявлення про те, що собою має являти процес попередження виробничої травми, «детально були пророблені лише окремі організаційні, технічні, медичні й адміністративні заходи» [9]. Були відсутні єдині методологічні основи (системний підхід), які дозволили б комплексно вивчати проблему електробезпеки з урахуванням одночасного розгляду всіх її аспектів (біологічного, технічного, організаційного, соціального, економічного та ін.), виявити взаємозв'язок між елементами системи забезпечення електробезпеки й підпорядкувати рішення конкретних завдань єдиній загальній меті — зниженню електротравматизму. Чинний в Україні стандарт ГОСТ 12.1.038-82 щодо допустимих струмів і напруг дотику та тривалості їх дії, а також ГОСТ 12.1.002-84 і ДСанПіН 3.3.6.096-2002, які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, не враховують параметри конкретної людини та взаємозв'язок із кількістю енергії, поглинутої її тілом [10, 11]. Вимога абсолютної безпеки, що панувала у радянському суспільстві, навряд чи була виправдана, оскільки, з одного боку, будь-який вид людської діяльності носить імовірнісний характер і через це пов'язаний з деяким початковим ризиком.

У другій половині ХХ століття почався інтенсивний розвиток загальної теорії ризику і безпеки, який продовжується в наш час [12, 13]. Історично ця теорія виникла досить давно і спочатку була пов'язана з розвитком мореплавання, зростанням міських поселень. Вже тоді робилися спроби оцінити ризики втрати корабля у разі корабельної аварії, втрати майна у разі виникнення пожежі та ін. Саме для таких випадків і сформувалося визначення ризиків як добуток відносної частоти загибелі кораблів на їх середню вартість, або частоти пожеж на середню вартість згорілого майна.

Так тривало практично до середини ХХ століття, коли ризики вивчалися, аналізувалися і оцінювалися, головним чином, для економічних систем, в області економічної теорії (проблеми страхування, інвестування, розвитку бізнесу та ін.) [14].

В другій половині ХХ століття з'ясувалося, що методологія оцінки ризику може бути корисна для аналізу і забезпечення безпеки практично будь-яких систем (соціальних, технічних, біологічних, екологічних і ін.), в тому числі і для енергетичної галузі. З того часу і почався розвиток загальної теорії ризику для оцінки надійності енергетичних систем та управління електробезпекою.

Сьогодні нараховується низка публікацій різного характеру, присвячених цій проблематиці для енергетичної галузі, які відрізняються суперечністю факторів дії електрики, точністю методів оцінки ризику, спірністю трактувань, визначень, що неминуче у разі виникнення і розвитку нових теорій.

Відповідно до [15] на підприємствах паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) України проводиться робота із впровадження міжнародного стандарту OHSAS 18001:2007 «Системи менеджменту професійного здоров'я і безпеки — Вимоги». Проте більшість механізмів цієї страхової системи від професійних ризиків (інформаційні, діагностичні, фінансові та правові) ще тільки утворюються. Для організацій енергетичної галузі, що впроваджують і підтримують стандарт OHSAS 18001, на перший план виступають питання ідентифікації небезпек різних видів діяльності, оцінювання і управління відповідними ризиками професійного здоров'я і безпеки, що неможливо здійснити без систематизації термінології в області електробезпеки й ризику.

*Мета дослідження.* З урахуванням сучасних знань провести поняттєво-термінологічну систематизацію в області електробезпеки й ризику і виділити фундаментальні визначення для подальшого розвитку теорії управління електробезпекою.

## Результати досліджень

Довгий час (до середини 80-х років XX століття) практично була відсутня загально визнана система термінів в області безпеки й ризику.

Перші спроби систематизації термінології зроблені в роботах [16, 17]. В [17] зазначається, що значно частіше інших використовуються два поняття — небезпека (*hazard*) і ризик (*risk*). Однак при перекладі та вживанні цих термінів в українській мові виникають деякі проблеми, пов'язані з відсутністю аналогічних понять. Так, в українській мові термін «*hazard*» перекладають і як небезпека, і як ризик. А значення того самого терміна «ризик» у теорії ігор, у фінансовій діяльності й у теорії безпеки зовсім різні. Різноманітність тлумачень і сплутування понять «безпека», «надійність», «ризик» ускладнює розробку практичних рекомендацій, націлених на підвищення безпечної експлуатації електроустановок.

Запропоновані у вітчизняній літературі останнім часом визначення терміна «безпека» (*safety*) різняться. Найчастіше безпека трактується як стан захищеності (проте при цьому не розкривається сенс поняття «захищеність»). Так, наприклад, у роботі [18] визначається, що безпека — стан захищеності окремих осіб, суспільства і природного середовища від надмірної небезпеки.

У роботі [19] стверджується, що небезпека і ризик — синоніми, а безпека має протилежне значення. Ці категорії виражають соціально осмислену оцінку втрати стійкості: чим вона вища, тим вища безпека, менший ризик, і навпаки. У роботі [13] відзначається, що дуже часто можна зустріти визначення безпеки як «такий стан будь-якого об'єкта, за якого йому не загрожує небезпека». Але подібне визначення не може задовольнити повністю, оскільки таке розуміння безпеки лише вказує на відсутність джерела небезпеки, тобто воно може характеризувати якусь ідеальну ситуацію, в якій безпека виступає як бажана, але недосяжна мета. Небезпека — явище будь-якої природи (фізичної, хімічної, біологічної, економічної, соціальної та ін.), здатне завдати шкоди особі, суспільству, державі, будь-якому об'єкту захисту [13]. Будь-яка небезпека носить, як правило, потенційний характер і в реальності виявляється далеко не завжди. Ризик якраз і є мірою можливості реалізації конкретної небезпеки.

Крім того, з'явилася низка законів і нормативно-методичних документів, стандартів, що регламентують вживання тих або інших термінів. Зупинимося на основних поняттях і визначеннях. Згідно із ДСТУ 2293-99 безпека — стан захищеності особи та суспільства від ризику зазнати шкоди, а ризик — це імовірність заподіяння шкоди з урахуванням її тяжкості [20].

На підставі аналізу різних варіантів тлумачення терміна «безпека» запропоноване таке визначення [13, 14, 16—20, 21—23]:

Безпека — це стан об'єкта захисту, за якого ризик можливості реалізації фізичного, біологічного, соціального, екологічного і матеріального збитків не перевищує прийнятих за експертною оцінкою гранично допустимих значень.

Таке визначення найбільш близьке за змістом до визначення, наведеного Міжнародною організацією стандартизації ІСО/МЕК «Загальні терміни і визначення в області стандартизації і суміжних видів діяльності» [12]. Там же наголошується, що безпека в області стандартизації продукції, процесів і послуг зазвичай розглядається з метою зведення ризику здоров'ю людини (фізичний збиток), майну і навколишньому природному середовищу (матеріальний збиток) до прийнятого рівня. У світовій практиці для визначення прийнятого ризику користуються принципом, відомим як ALARA (аббревіатура від «As Low As Reasonable Achievable — будь-який ризик має бути знижений настільки низько, наскільки це доцільно досяжно, враховуючи економічні і соціальні чинники») [12].

Поняття «ризик» зручно ввести як міру оцінки ефективності управління системою безпеки на різних стратегіях управління системою безпеки. Поняття управління системою безпеки деякі дослідники ототожнюють з управлінням ризиком, що є цілковито неприпустимо для досягнення мети зниження електротравматизму. Перш за все, через некоректність цього словосполучення. Це стає абсолютно очевидним, якщо виходити з термінології міжнародних і вітчизняних стандартів із оцінювання ризику і теорії управління [24—26]. Управління — це процес, що включає вироблення альтернативних управлінських дій, ухвалення рішення про вибір із них найефективніших (за вибраним критерієм) і їх здійснення з метою досягнення об'єктом, що управляють, бажаного результату функціонування. При цьому під об'єктом розуміється лише те явище зовнішнього і внутрішнього світу, за яким спостерігає (або може спостерігати) людина в певний момент.

Ризик *R* відповідно до стандарту OHSAS у найзагальнішому вигляді є показником кількісної

міри небезпеки або несприятливої події (нешасного випадку, професійного захворювання) і для випадку електротравматизму буде визначатися як добуток двох функцій — функції частоти (вірогідності) появи небезпечної події  $Q$  (виникнення електробезпечної ситуації) і функції міри очікуваного збитку  $Z$  (важкість наслідків електротравми).

Математично це визначення може бути записано у вигляді формули

$$R = Q \cdot Z.$$

Більш спрощеним виразом для кількісного оцінювання ризику користуються, якщо міра наслідків  $Z$  несприятливої події береться чітко визначеною (однорозмірний вихід, збитки, шкода). Тоді під час проведення розрахунків і порівняння цих однокомпонентних за наслідками подій їх можна подавати у вигляді лише значень частоти (повторюваності у певні проміжки часу), або вірогідності настання такої однозначно визначеної за наслідками несприятливої події, інтерпретуючи ці значення як значення ризиків. До таких значень відноситься показник, що знайшов широке розповсюдження в охороні праці, — коефіцієнт частоти нещасних випадків зі смертельним наслідком на 1000 зайнятих робітників [12].

Аналізуючи приведені ознаки, неважко побачити, що ризик не може ні самостійно функціонувати, ні мати будь-який результат з метою функціонування. А якщо це так, то і управляти ризиком не можна, а ось керувати процесом забезпечення енергобезпеки, з використанням концепції енергобезпеки [27], можна і потрібно.

Вочевидь, що принципово не можна всі ризики, пов'язані з тим або іншим об'єктом захисту, звести до нуля, ризик лише можна спробувати зменшити до такого рівня, з яким суспільство на цьому історичному етапі розвитку змушене буде погодитися, тобто небезпека в явному вигляді ніби відсутня і саме тому систему (об'єкт захисту) за визначенням можна вважати безпечною (поки більшого зменшення небезпеки забезпечити не можна). Лише у цьому сенсі можна говорити про безпеку як «стан захищеності» об'єкта захисту, оскільки абсолютної безпеки не може бути в принципі.

Оцінюючи небезпеку, треба пам'ятати, що поняття «ризик» — украй багатозначне і вживається в таких характерних контекстах: індивідуального, групового, соціального, виробничого та професіонального ризиків [2, 3].

Індивідуальний ризик [21] — частота ураження окремого індивідуума в результаті впливу досліджуваних факторів небезпеки.

Груповий ризик [2, 21] — частота травмованих або потерпілих, що вибрана із загальної групи за певною ознакою (професія, вік, стать та ін.), у результаті дії можливих небезпек за певний період часу.

Виробничий ризик [2] — це ймовірність ушкодження життя і здоров'я працівника, пов'язана з особливостями конкретного виробництва, з урахуванням технології, що використовується та умов праці. Виробничий ризик повинен враховувати всі фактори, які впливають на робітників різних професій в процесі трудової діяльності.

Професіональний ризик [22] — це величина ймовірності порушення (ушкодження) здоров'я чи смерті застрахованого, в зв'язку з виконанням обов'язків трудового договору (контракту) або в інших установлених законом випадках (Відповідно до постанови 5462-17 редакції від 09.12.2012 Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»). Під час визначення професіонального ризику враховують, в основному, ті шкідливі та небезпечні фактори, які характерні для цієї професійної діяльності, яка відрізняється певними умовами виробництва.

Поняття «професійний ризик» використовується з метою забезпечення соціальної захищеності робітників у зв'язку з наявністю на робочому місці шкідливих та небезпечних факторів. Клас професійного ризику виробництва [23] — рівень виробничого травматизму і професійних захворювань за видами економічної діяльності, що визначає ступінь вірогідності втрати професійної працездатності або смерті працівника під час виконання трудових обов'язків, з урахуванням результатів аналізу показників виробничого травматизму і професійних захворювань, а також обсягів видатків Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, пов'язаних із забезпеченням загальнообов'язкового державного соціального страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності. Клас професійного ризику виробництва за видами економічної діяльності визначається за [23]. Так, наприклад, електромонтажні роботи за [23] відносяться до 52 класу (з 67 класів) професійного ризику виробництва за видами економічної діяльності. Управління системою безпеки включає ідентифікацію небезпеки, інформацію про ризик, його аналіз.

Об'єктом аналізу й оцінки ризику електротравматизму є взаємодія людини з електроустановками в зовнішньому середовищі.

ГОСТ 12.1.009-76. «Электробезопасность. Термины и определения» дає таке визначення основних понять електробезпеки:

Електротравма — травма, спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги.

Електротравматизм — явище, що характеризується сукупністю електротравм.

Електробезпека — система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

В. Е. Манойлов [2] дає більш розширене визначення цих понять:

«Під електротравмою варто розуміти порушення анатомічних співвідношень і функцій тканин і органів, що супроводжується місцевою і загальною реакцією організму й викликане ненормальним станом електро- і радіоустаткування або електричних мереж. Варто розрізняти електротравми:

а) пов'язані з такими порушеннями нормальної роботи електроустаткування, за яких тіло людини потрапляє в електричне коло або ж у результаті яких людина знаходиться в електромагнітному полі великої напруженості;

б) пов'язані з такими порушеннями нормальної роботи електроустаткування, за яких електричне коло не замикається крізь тіло людини, а ураження людини викликається опіками, механічними травмами, осліпленнями дугою й т. ін.;

в) змішані, за яких на потерпілого спільно впливають фактори, зазначені в обох попередніх пунктах».

Жодне з наведених визначень цих понять не є вичерпним:

— по-перше, тому що немає узгодженості щодо первинних критеріїв електробезпеки. Так, за ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», основним фактором небезпеки у разі взаємодії людини з електроустановками є «підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися крізь тіло людини», а відповідно до [10, 11] основним фактором небезпеки під час взаємодії людини з електроустановками є електрична енергія, що поглинається тілом людини;

— по-друге, не відображається ймовірнісний характер ураження людини електричною енергією (ризик отримання електротравм), системні властивості електробезпеки та її зв'язки;

— по-третє, рівень електробезпеки в значній мірі є проблемою не лише техніко-економічною, а й морально-етичною та соціально-політичною. За кожною електротравмою, і особливо тяжкою, стоїть трагедія особи (в тому числі дітей), сім'ї, суспільства.

Тому під поняттям «електробезпека», з урахуванням сучасних знань, автор пропонує розуміти сукупність взаємозалежних нормативно-правових, організаційних, технічних заходів і захисних засобів, які забезпечують допустимий ризик від звільнення й поширення руйнівних потоків електричної енергії, для людини, яка взаємодіє з електроустановками.

## Висновки

Проведений історичний аналіз етапів розвитку теорії та практики електробезпеки показав корисність використання методології ризику для управління електробезпекою і неможливість успішного її впровадження без формування термінологічної систематизації визначень основних понять з позиції сучасних знань. Запропонована нова поняттєво-термінологічна систематизація в області електробезпеки дає можливість удосконалити механізми управління енергобезпекою з метою зменшення виробничого та професійного ризику ураження електричною енергією на робочих місцях.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Исаков А. Я. Электродинамика. Руководство по самостоятельной работе / А. Я. Исаков, В. В. Исакова. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ. 2008. — 330 с.
2. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. — 5-е изд., перераб. и доп. / В. Е. Манойлов. — Л. : Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
3. Еллинек С. Несчастные случаи от электричества / С. Еллинек. — М. : Вопросы труда, 1927. — 177 с.
4. Лебль О. Заземление, зануление, защита выключателями / О. Лебль. — ОНТИ, 1937. — 151 с.
5. Effect of electric shock on the heart / [L. P. Ferris, B. G. King, P. W. Spence, H. B. Williams] // Electr Engng. — Bd. 55 (1936). — P. 498.

6. Dalziel C. F. Effect of frequency on let-go currents. *Electr / Dalziel C. F. // Engng. Trans.* — Bd. 62 (1943). — Nr. 12. — P. 745—749.
7. Кисилев А. П. К вопросу о критериях электробезопасности / А. П. Кисилев, С. П. Власов // *Промышленная энергетика.* — 1967. — № 5. — С. 39—43.
8. Долин П. А. О проекте временных норм допустимых напряжений прикосновения и токов через тело человека / П. А. Долин, Ю. Г. Сибаров // *Промышленная энергетика.* — 1974. — № 9. — С. 6—7.
9. Якобс А. Я. Развитие научных основ электробезопасности в сельском хозяйстве / А. Я. Якобс // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.* — 1977. — № 9. — С. 23—27.
10. Бондаренко Є. А. Гранично допустимі значення напруг дотику та струмів промислової частоти / Є. А. Бондаренко // *Вісник Вінницького політехнічного інституту* — 2011. — № 2. — С. 31—34.
11. Кутін В. М. Санітарно-гігієнічне нормування електромагнітного поля промислової частоти / В. М. Кутін, Є. А. Бондаренко // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету.* — 2003. — Том 2, № 2. — С. 39—40.
12. Основы охраны труда : підруч. / [К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін.] ; за ред. К. Ткачука і М. Халімовського. — К. : Основа, 2006 — 448 с.
13. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний ; за ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. — К. : Каравела, Львів : Новий світ-2000, 2002. — 328 с.
14. Соложенцев Е. Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. — 2-е изд. / Е. Д. Соложенцев. — СПб. : Издательский дом «Бизнес-пресса». 2006. — 530 с.
15. Фандеев Александр. Охрана праці ... під напругою / Фандеев Александр // *Охрана праці* — 2012. — № 10. — С. 10—11.
16. Хенли Э. Д. Надежность технических систем и оценка риска : пер. с англ. / Э. Д. Хенли, Х. Кумамото. — М. : Машиностроение, 1984. — 528 с.
17. Маршалл В. Основные опасности химических производств : пер. с англ. / В. Маршалл. — М. : Мир, 1989. — 672 с.
18. Ветошкин А. Г. Безопасность жизнедеятельности: Оценка производственной безопасности / А. Г. Ветошкин, Г. П. Разживина. — Пенза : изд-во Пенз. госуд. архит. строит. академии. — 2002 с.
19. Александров Г. Устойчивость, безопасность, риск / Г. Александров, Г. Шахманский // *Военные знания.* — 1993. — № 11—12. — С. 8—11.
20. Охрана праці. Терміни та визначення основних понять. СТУ 2293-99. — [Чинний від 1999-03-26]. — К. : Держстандарт України, 1999. — 19 с.
21. Яким Р. С. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. / Р. С. Яким. — Львів : Бескид Біт, 2005. — 304 с.
22. Ефремова О. С. Профессиональный риск. Оценка и определение. Практическое пособие / О. С. Ефремова. — М. : изд-во «Альфа-пресс», 2010. — 336 с.
23. Порядок визначення класу професійного ризику виробництва за видами економічної діяльності. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 лютого 2012 р. № 237.
24. Глушков В. М. Кибернетика. Вопросы теории и практики / В. М. Глушков. — М. : Наука, 1986. — 488 с.
25. Козлов В. Н. Управление энергетическими системами. Теория автоматического управления / В. Н. Козлов, В. Е. Куприянов, В. Н. Шашихин ; под ред. В. Н. Козлова. — СПб. : изд-во Политехн. ун-та, 2008. — 255 с.
26. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп ; пер. с англ. Б. И. Копылова. — 2008. — М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 255 с.
27. Бондаренко Є. А. Енергоентропійна концепція електробезпеки / Є. А. Бондаренко // *Вісник Вінницького політехнічного інституту* — 2012. — № 4. — С. 136—138.

Рекомендована кафедрою хімії та безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 26.03.2013

Рекомендована до друку 30.04.2013

**Бондаренко Євгеній Аркадійович** — доцент кафедри хімії та безпеки життєдіяльності.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця