

УДК 621.31+006.034

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

ОЦІНКА ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ПЕРСОНАЛУ, ЩО ОБСЛУГОВУЄ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ НАДВИСОКОЇ НАПРУГИ

Запропоновано метод та критерії оцінки колективного та індивідуального ризику погіршення стану здоров'я персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, від дії електричного поля промислової частоти для удосконалення механізмів оцінки умов праці на робочих місцях і зменшення професійних ризиків працівників, які працюють на цих місцях. Визначення умов праці базується на введенні показника професійного ризику ураження електричною енергією.

Вступ

Основою електроенергетики України в наш час є Об'єднана енергетична система (ОЕС) країни, яка здійснює централізоване електрозабезпечення внутрішніх споживачів, взаємодіє з енергосистемами суміжних країн, забезпечує експорт, імпорт і транзит електроенергії.

Електричні мережі напругою 220, 330, 500, 750 кВ — це одна з основних складових об'єднаної енергосистеми України. Вони забезпечують оптимальне навантаження електричних станцій, зменшення витрат енергії порівняно з мережами нижчої напруги. Загальна довжина мереж надвисокої напруги становить 22,7 тис. км, з них напругою 500—750 кВ — 4,9 тис. км, 330 кВ — 13,2 тис. км, 110—220 кВ — 4,6 тис. км. Вони об'єднують 132 електропідстанції напругою 220—750 кВ.

На перспективу до 2030 року в об'єднаній енергосистемі України зберігається стратегія розвитку основних електричних мереж, згідно з якою для забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн функції передачі та розподілу електричної енергії залишаються за мережами 330 і 750 кВ [1].

Стан магістральних електричних мереж з року в рік погіршується, 34 % повітряних ліній електропередач (ПЛ) напругою 220—330 кВ експлуатуються більше 40 років, з них 1,7 тис. км ПЛ — 330 кВ (13 % від загальної протяжності) і 1,6 тис. кілометрів ПЛ — 220 кВ (52 %) потребують реконструкції, 76 % основного устаткування трансформаторних електропідстанцій витратило свій розрахунковий технічний ресурс, що вимагає збільшення кількості проведення ремонтних робіт в електроустановках надвисокої напруги і, відповідно, провокує підвищення ризику електротравматизму.

В разі невиконання вимог безпеки чи відмови засобів захисту, на персонал, що обслуговує підстанції і лінії електропередач, періодично або тривало діє електромагнітне поле промислової частоти. Якщо значення напруженості електричного поля промислової частоти (ЕП ПЧ) перевищує допустиме, то можуть виникнути зміни функціонального стану нервової, серцево-судинної і ендокринної систем, а також деякі зміни процесів в імунній системі організму [2, 3] і, як наслідок, це може стати причиною нещасного випадку та профзахворювання.

За оцінками Міжнародного бюро праці щорічно нещасні випадки на виробництві і професійні захворювання забирають життя приблизно 2 млн людей і обходяться глобальній економіці в 1,25 трлн доларів США. Статистичні дані Міжнародної Організації Праці (МОП) свідчать, що 4 % світового валового продукту втрачається внаслідок нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань [4].

Державна політика України в галузі охорони праці спрямована на пріоритет життя і здоров'я працівника, повну відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних та здорових умов праці. Конституція України встановлює право громадян на соціальний захист, повне відшкодування шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань. Для реалізації цього права в Україні створена система загальнообов'язкового державного соціального страхування від нещасного випадків на виробництві та професійної захворюваності. Проте, більшість механізмів цієї страхової системи від професійних ризиків (інформаційні, діагностичні, фінансові та правові) ще тільки створюються. У нашій країні гігієнічні нормативи

залишаються основним інструментом оцінки впливу шкідливих та небезпечних факторів на здоров'я електротехнічного персоналу, більшість з яких була розроблена ще за часів Радянського Союзу та потребують перегляду з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки. Концепція «абсолютної безпеки» гальмує комплексне дослідження професійного ризику.

Метою дослідження є розроблення принципів та критеріїв визначення колективного та індивідуального ризику для здоров'я персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, від дії електричного поля промислової частоти для удосконалення механізмів оцінки умов праці на робочих місцях та зменшення професійних ризиків працівників, які працюють на цих місцях.

Результати дослідження

За останнє десятиріччя в практику управління охорони праці міцно увійшло поняття професійного ризику (ПР), під яким розуміють вірогідність шкоди (втрати) здоров'ю або смерть, внаслідок виконання трудових обов'язків за трудовою угодою (контрактом) чи в інших визначених законом випадках. Показник професійного ризику захворювання та травмування робітника на робочому місці характеризує небезпечність умов праці. Відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [5], затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27 грудня 2001 року № 528, умови праці поділяються на 4 класи:

перший — оптимальні умови праці — такі умови, за яких зберігається не лише здоров'я працюючих, а й створюються передумови для підтримання високого рівня працездатності. Оптимальні гігієнічні нормативи виробничих факторів встановлені для мікроклімату і факторів трудового процесу. Для інших факторів за оптимальні умовно приймаються такі умови праці, за яких несприятливі фактори виробничого середовища не перевищують рівнів, прийнятих безпечними для населення;

другий — допустимі умови праці — характеризуються такими рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують встановлених гігієнічних нормативів, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни та не чинять несприятливого впливу на стан здоров'я працюючих та їх нащадків в найближчому і віддаленому періодах;

третій — шкідливі умови праці — характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство.

За ступенем перевищення гігієнічних нормативів та можливих змін в організмі працюючих шкідливі умови праці поділяються на чотири ступені:

1 ступінь (3.1): умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища та трудового процесу, які, як правило, викликають функціональні зміни, що виходять за межі фізіологічних коливань (останні відновлюються при тривалішій, ніж початок наступної зміни, перерві контакту зі шкідливими факторами) та збільшують ризик погіршення здоров'я;

2 ступінь (3.2): умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні викликати стійкі функціональні порушення, призводять у більшості випадків до зростання виробничо-обумовленої захворюваності, появи окремих ознак або легких форм професійної патології (як правило, без втрати професійної працездатності), що виникають після тривалої експозиції (10 років та більше);

3 ступінь (3.3): умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які окрім зростання виробничо-зумовленої захворюваності призводять до розвитку професійних захворювань, як правило, легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності);

4 ступінь (3.4): умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які здатні призводити до значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності, а також до розвитку важких форм професійних захворювань (з втратою загальної працездатності);

четвертий — небезпечні (екстремальні) — умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, вплив яких протягом робочої зміни (або ж її частини) створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень.

Віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості та небезпечності при дії електричного поля промислової частоти за [5] здійснюється відповідно до табл. 1, значення гранично допустимих рівнів (ГДР) якої обираються згідно з «Санитарними нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)» — ДНАОП 0.03-3.21-91.

Таблиця 1

Класи умов праці уразі дії електромагнітних випромінювань (перевищення ГДР, разів)

Фактор виробничого середовища	Клас умов праці					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний (екстремальний) 4
		1 ступінь 3.1	2 ступінь 3.2	3 ступінь 3.3	4 ступінь 3.4	
Електричні поля промислової частоти (50 Гц)	\leq ГДР (для всього робочого дня)	≤ 3	≤ 5	≤ 10	> 10	> 40

Визначення ризику умов праці для персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, за гігієнічними нормами ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [5] фактично неможливе за таких обставин:

— на теперішній час ГДР дії ЕП ПЧ в Україні визначаються за ДСанПіН 3.3.6.096-2002 [6], а дія «Санитарных норм и правил выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (50 Гц)» — ДНАОП 0.03-3.21-91 скасована;

— роз'яснення щодо віднесення умов праці до того чи іншого класу шкідливості за табл. 1 не дають однозначного розуміння. Так для класів ступенів шкідливості 3.1, 3.2, 3.3 використовується математичний знак « \leq », який не визначає конкретні межі перевищення ГДР ЕП ПЧ. Наприклад, перевищення ГДР ЕП ПЧ в два рази математично вірно буде віднести для ступенів шкідливості 3.1, 3.2, 3.3. Для математичного запису >10 , ступеня шкідливості умов праці класу 3.4, також мають бути вказані межі перевищення числа 10, оскільки для небезпечних умов праці вказано числове значення перевищення ГДР більше сорока;

— гігієнічна класифікація ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [5] не дає пояснення щодо визначення кількісних складових групового ризику (взаємозв'язок імовірності реалізації дії ЕП ПЧ на людину та наслідків цієї дії шкоду, заподіяну здоров'ю людини) для кількісної оцінки групового ризику та з поправкою на параметри конкретної людини (масу, зріст, вік, стан здоров'я та інше) для визначення індивідуального ризику електротравматизму;

— чинні в Україні стандарт ДСанПіН 3.3.6.096-2002 [6] і ГОСТ 12.1.002-84 [7], які гарантують безпеку праці людини в електричному полі промислової частоти, відповідно до [8], не враховують взаємозв'язок з кількістю енергії, поглинутою тілом конкретної людини.

Автором цієї статті пропонується підхід до визначення принципів та критеріїв оцінки колективного та індивідуального професійного ризику для здоров'я людини, від дії ЕП ПЧ в залежності від енергії поглинутої її тілом. Для забезпечення взаємодії людини з електроустановками в певному середовищі, раптовий, несанкціонований вихід електричної енергії з технічних систем на людину W_h не має перевищувати допустимих значень

$$W_h \leq W_{h, \text{доп.}} \quad (1)$$

де $W_{h, \text{доп.}}$ — допустимі значення енергії, поглиненої тілом людини, яка перебуває в ЕП ПЧ.

За [8] допустиму енергію $W_{h, \text{доп.}}$ у Вт·год, поглинену тілом людини, можна отримати з виразу

$$W_{h, \text{доп.}} = P_{h, \text{доп.}} \cdot t_{\text{доп.}} \quad (2)$$

де $P_{h, \text{доп.}}$ — допустиме значення потужності електромагнітної енергії, поглиненої тілом людини, Вт; $t_{\text{доп.}}$ — допустимий час перебування людини в електричному полі за відповідного рівня потужності, поглиненої тілом людини, год.

Значення потужності промислової частоти у ватах, поглиненої тілом людини, відповідно до [9] можна отримати з виразу

$$P_{h, \text{доп.}} = \frac{2\pi ab^2 \rho_h \omega^2 \epsilon_0^2 E^2}{3N_a^2}, \tag{3}$$

де a, b — півосі витягнутого еліпсоїда обертання, що відповідає розмірам тіла людини; E — напруженість електричного поля, В/м; ρ_h — питомий опір тіла людини, Ом·м; ω — кутова частота, с⁻¹; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ — діелектрична постійна, Ф/м; $N_a = \frac{b^2}{a^2} \left(\ln \frac{2a}{b} - 1 \right)$ — коефіцієнт деполаризації еліпсоїда обертання вздовж півосі обертання a , який еквівалентний об'єму тілу людини, за умови, що $\frac{a}{b} \geq 10$.

Числове значення для $W_{h, \text{доп.}}$ можна визначити з умови, що для тіла середньої людини масою 71,9 кг і середнього зросту $a=1,7$ м, $b=0,14$ м, питомий опір за [10] оцінюється значенням $\rho_h = 150 \dots 200$ Ом·м, і за напруженості електричного поля $E = 5 \cdot 10^3$ В/м допустимий час перебування людини в електричному полі $t_{\text{доп.}}$, відповідно до [6, 7], дорівнює 8 год. З урахуванням цієї умови, підставивши вираз (4) в (3), отримаємо у джоулях:

$$W_{h, \text{доп.}} = 1,223 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 3600 = 0,36. \tag{4}$$

Гігієнічний клас умов праці у разі дії електромагнітних випромінювань пропонується визначати в залежності від величини перевищення допустимого значення енергії, поглиненої тілом людини, яка перебуває в ЕП ПЧ, за табл. 2.

Таблиця 2

Запропонований клас умов праці у разі дії електромагнітних випромінювань (перевищення ГДР електричної енергії, разів)

Фактор виробничого середовища	Клас умов праці					
	Допустимий 2	Шкідливий 3				Небезпечний (екстремальний) 4
		1 ступінь 3.1	2 ступінь 3.2	3 ступінь 3.3	4 ступінь 3.4	
Електричні поля промислової частоти (50 Гц)	≤ ГДР (для всього робочого дня)	1,1...3,0	3,1...5,0	5,1...10,0	10,1...40	> 40

Енергія поля розсіюється в масі тіла. Вираз (5) отримано для допустимої енергії, поглиненої тілом людини, що перебуває в ЕП ПЧ, масою 71,9 кг та зростом 1,7 м. За реальних умов маса конкретної людини та зріст відрізняються від середнього значення тому, визначаючи індивідуальний ризик, у вираз для допустимої енергії вводять поправковий коефіцієнт k , який згідно з [8] визначається як

$$k = \frac{m_h \cdot 1,7^2}{a_h^2 \cdot 71,9},$$

де m_h, a_h — відповідно, маса та зріст реальної людини, яка знаходиться в ЕП ПЧ

$$W_{h, \text{доп.}} = 0,36 k, \text{ Дж.} \tag{5}$$

Відповідно до [11], кількісну величину ризику професійного захворювання R від дії ЕП ПЧ можна визначити як добуток ймовірності появи небезпечної події Q (перевищення поглинення енергії ЕП ПЧ у певне число разів від ГДР) та величини очікуваного збитку Z (важкість можливих наслідків для здоров'я людини):

$$R = QZ. \tag{6}$$

В Україні до теперішнього часу законодавчо не закріплені нормативні значення величини імо-

вірності появи електротравматизму, спираючись на які, можна було б здійснювати ефективну політику в області управління системою захисту від дії електричної енергії із застосуванням різних механізмів регулювання і контролю. Зокрема, в області пожежної безпеки за прийнятний рівень імовірності як для персоналу, так і для населення, передбачено значення $1 \cdot 10^{-6}$ [12]. В той самий час стає необхідним закріплення на законодавчому рівні значення індивідуально прийнятого ризику від електротравми. Чисельний приклад імовірності небажаного наслідку, який використовується в практиці, відповідно до [11], наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Чисельний приклад імовірності появи небезпечної події, який використовується в практиці

Імовірність події	Імовірнісний опис	Можливість наслідку
0,7...1	Велика можливість події	висока
0,3...0,7	Подія буде відбуватися рівномірно	середня
0,05...0,3	Подія буде відбуватися нерівномірно	низька
10^{-2} ...0,05	Подія буде траплятися рідко	дуже низька
10^{-6} ... 10^{-2}	Подія буде відбуватися дуже рідко	надто низька
0 ... 10^{-6}	Подія практично не відбудеться	практично неможлива

На основі використання методу матриці оцінки ризику (МОР) за [11] автором статті пропонується апіорна оцінка показника професійного ризику захворювання та стану погіршення здоров'я від дії електричного поля промислової частоти за табл. 4. В табл. 4 наведена МОР, на основі установлених елементів ризику, яка містить по вертикалі шість рівнів важкості наслідків дії ЕП ПЧ за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [5] та шість рівнів імовірності небезпечної події за табл. 3 — по горизонталі: матриця (6×6).

Таблиця 4

Матриця оцінки ризиків на робочих місцях під час визначення професійного ризику електротравматизму

0,7...1 (6)	C6	C12	B18	B24	B30	B36
0,3...0,7 (5)	H5	C10	C15	B20	B25	B30
0,05...0,3 (4)	H4	C8	C12	C16	B20	B24
10^{-2} ...0,05 (3)	H3	C6	C9	C12	C15	B18
10^{-6} ... 10^{-2} (2)	H2	H4	C6	C8	C10	C12
0 ... 10^{-6} (1)	H1	H2	H3	H4	H5	C6
Частота в рік ↑	2 (1)	3.1 (2)	3.2 (3)	3.3 (4)	3.4 (5)	4 (6)
	→ Наслідки					

Кожному рівню важкості наслідків уздовж вертикальної осі і кожному рівню імовірності уздовж горизонтальної осі присвоюють рангові оцінки 1, 2, 3, 4, 5, яким відповідають значення важкості наслідків і імовірності настання події згідно з описом певної ситуації (за сценарієм) і якісної характеристики частоти події (ранжування сценаріїв).

Після визначення рівня передбачуваного наслідку за табл. 2 і рівня вірогідності (передбачуваної частоти) величина ризику, відповідно до цієї матриці, визначається перемноженням номера рядка і номера стовпця, відповідно до визначення ризику.

Ризик тим більший, чим більше можливий розмір збитку і (або) чим вища вірогідність настання збитку (чим більший добуток у клітинці, що знаходиться на перетині рядка і стовпця).

Величина ризику R , яка визначається за МОР, змінюється від $R=1$ до $R=36$. На основі зіставлення всіх рівнів наслідків та імовірності з відомими за важкістю з практики наслідками за МОР згідно з [11], ризики в залежності від величини поділяються на: низькі (1—5), середні (6—16) та високі (18—36). Таким чином, результат оцінки ризику професійного захворювання від дії ЕП ПЧ за табл. 4 складається із визначення величини та міри ризику:

- низький (Н): H1; H2; H3; H4; H5;
- середній (С): C6; C8; C9; C10; C12; C15; C16;
- високий (В): B18; B20; B25; B30; B36.

В залежності від ступеня ризику для МОР має бути передбачена черговість та час проведення заходів і дії зі зниження ризику. Так, за великих значень ризику (18—36) необхідне негайне втручання (зменшення ризику обов'язкове); за середнього ризику (6—16) вимагається його зниження до мінімально можливого в установленій термін; за низьких значень (3—5) спеціальні заходи зі зниження ризику не потрібні, але його все ж потрібно контролювати, певна група робітників (неповнолітні, інваліди, вагітні та ін.) потребують додаткового захисту. Низький рівень ризику (1—2) спеціальних заходів не вимагає.

Висновки

На основі використання матриці оцінки ризику запропоновано методи та критерії оцінки колективного та індивідуального ризику для здоров'я персоналу, що обслуговує електроустановки надвисокої напруги, від дії електричного поля промислової частоти для удосконалення механізмів оцінки умов праці на робочих місцях та зменшення професійних ризиків працівників, які працюють на цих місцях. Визначення умов праці базується на введенні показника професійного ризику ураження електричною енергією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р. — Режим доступу : zakon.rada.gov.ua.
2. Сазонова Т. Е. Влияние сильного электрического поля промышленной частоты на работоспособность человека / Т. Е. Сазонова // Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. — М. : Профиздат. 1970. Вып. 63. С. 91—98.
3. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России : Серия докладов по политике в области охраны здоровья населения / [Ю. Г. Григорьев, О. А. Григорьев, В. С. Степанов, Ю. П. Пальцев]; под ред. Демина А. К. — М. : Фонд «Здоровье и окружающая среда», Российская ассоциация общественного здоровья. — 1997. — 191 с.
4. Зеркалов Д. В. Охорона праці в галузі : Загальні вимоги : навч. посіб. / Д. В. Зеркалов. — К. : Основа, 2011. — 551 с.
5. Охорона праці в Україні : Нормативна база. (4-е вид., змін. і допов.) / упорядник О. М. Роїна. — К. : КНТ, 2008. — 544 с.
6. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: ДСанПіН 3.3.6.096-2002. [Чинний від 2003–13–03]. Професійна нормативно-правова бібліотека «НОРМАТИВ™ PRO». — К., 2003.
7. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах : ГОСТ 12.1.002–84 ССБТ. [Введен 1986–18–12]. — М. : Издательство стандартов, 1985. — 5 с.
8. Кутін В. М. Санітарно-гігієнічне нормування електромагнітного поля промислової частоти / В. М. Кутін, Є. А. Бондаренко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2003. — № 2. Том 2. — С. 39—40.
9. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. — М. : Энергоатомиздат. — 1984. — 484 с.
10. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Л. : Энергоатомиздат, 1991. — 480 с.
11. Кальки Валдис. Основные направления оценки рисков рабочей среды / Валдис Кальки, Имант Кристиньш, Жения Роя. — Рига : SIA «Jelgavas tipografija», 2005. — 73 с.
12. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. [Введен 1992–01–07]. — М. : Издательство стандартов, 1996. — 81 с. — [Переиздание (январь 1996 г.) с Изменением № 1, утвержденным в декабре 1993 г. (ИУС 1-95)].

Рекомендована кафедрою хімії та безпеки життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 2.10.12
Рекомендована до друку 5.12.12

Бондаренко Євгеній Аркадійович — доцент кафедри хімії та безпеки життєдіяльності.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця