

ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ В СФЕРІ БЕЗПЕКИ – ОСНОВА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИПУСКНИКІВ КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

О. Г. Левченко^{1*}, С. Ф. Каштанов¹, А. П. Олійник²

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

²Державне підприємство «Ітон Електрик», Київ, Україна

*E-mail для листування: levchenko.opcb@ukr.net

Отримано: 11 Квітня 2019; **Прийнято:** 18 Травня 2019

Цитувати як: Левченко, О.Г., Каштанов, С.Ф., Олійник, А.П. (2019). Інноваційні розробки в сфері безпеки – основа професійної підготовки випускників КПІ ім. Ігоря Сікорського. *Проблеми охорони праці в Україні*, 35(1), 20–24.

Розглянуто та проаналізовано основні досягнення корпорації «EATON» у сфері охорони праці, а також розроблені корпорацією «EATON» методики для ознайомлення споживачів її продукції з особливостями застосування Directive 2006/42/EC, EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1), EN ISO 13849-1 (ДСТУ EN ISO 13849-1), IEC 62061 та інших діючих нормативних документів у сфері безпеки виробничого обладнання та продукції з метою мінімізації можливих виробничих ризиків при їх експлуатації. Наведено опис створеної на кафедрі охорони праці, промислової та цивільної безпеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» сумісно з ДП «Ітон Електрик» нової навчально-дослідної лабораторії з безпеки виробничих процесів, організованої з метою підвищення рівня професійної підготовки випускників.

Ключові слова: охорона праці, промислова безпека, функції безпеки, ризики, навчальний процес.

INNOVATIVE DEVELOPMENTS IN THE SAFETY FIELD – THE BASIS OF THE GRADUATES' PROFESSIONAL TRAINING FROM IGOR SIKORSKY KYIV POLYTECHNIC INSTITUTE

O. G. Levchenko^{1*}, S. F. Kashtanov¹, A. P. Oliynyk²

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

²State Enterprise "Eaton Electric", Kyiv, Ukraine

*Corresponding email: levchenko.opcb@ukr.net

Received: 11 April 2019; **Accepted:** 18 May 2019

Cite as: Levchenko, O.G., Kashtanov, S.F., Oliynyk, A.P. (2019). Innovative developments in the safety field – the basis of the graduates' professional training from Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 35(1), 20–24.

In this paper, the analysis of the main achievements of "EATON Corporation" on the labor protection is presented. The main features of the methods of consumers familiarization with the peculiarities of application of Directive 2006/42/EC, EN 954-1 (DSTU EN 954-1), EN ISO 13849-1 (DSTU EN ISO 13849-1), IEC 62061 and other normative documents in order to minimize possible production risks in the operation of production equipment are defined. The description of a new training and research laboratory of the safety of production processes in the Department of labor protection, industrial and civil safety of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, created by means of cooperation with "EATON Corporation", which was organized in order to improve the level of professional training of its graduates, is presented.

Keywords: labor protection, industrial safety, safety functions, risks, educational process.

1. Постановка проблеми.

Одним із основних напрямів розвитку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» є подальше реформування навчального процесу та науково-технічної бази з метою досягнення найвищих світових стандартів освіти, що забезпечить якісне підвищення існуючого рівня професійної підготовки його випускників, у тому числі і в такій важливій сфері, як охорона праці та промислова безпека.

Безумовно, що ця мета може бути досягнута лише у разі детального вивчення вже існуючого світового досвіду та останніх інноваційних досягнень науки та техніки в сфері охорони праці та промислової безпеки, а також, і це головне, лише за умови максимального ефективного співробітництва з ведучими виробниками систем автоматизації, управління та промислового обладнання в цій сфері.

2. Аналіз останніх досліджень.

До виробників систем автоматизації, управління та промислового обладнання в сфері охорони праці та промислової безпеки, в першу чергу, слід віднести таку міжнародну корпорацію, як «EATON», до складу якої увійшли компанії «MOELLER» та «COOPER». Ця

міжнародна корпорація є флагманом даної галузі і до того ж вона має в Україні своє представництво, а саме ДП «Ітон Електрик», яке успішно та ефективно працює на ринку України вже багато років і пропонує широкий спектр систем управління, автоматизації, обладнання та інших послуг для досягнення максимального рівня безпеки виробничих процесів на діючих підприємствах України, в тому числі:

- електротехнічну продукцію (контактори, запобіжні пристрої, вимикачі навантаження, головні та сервісні вимикачі, перемикачі, промислові вимикачі-роз'єднувачі, компактні автоматичні вимикачі з функцією діагностики, перетворювачі частоти, системи гасіння дуги, різноманітні пристрої для систем енергопостачання тощо);

- датчики (безконтактні: емкісні, індуктивні, фотоелектричні; датчики тиску; вібраційні датчики; механічні кінцеві вимикачі тощо);

- систему управління SmartWire-DT з технологією SmartWireDarwin (SWD) – це нова інноваційна інтелектуальна технологія підключення обладнання до щитових панелей, яка використовується для спрощення з'єднань та комутацій;

- силові та розподільні щити керування;

– пристрої управління та сигналізації (пульти керування, кнопки для керування рукою/ногою, кнопки аварійного відключення, світлові та звукові колони тощо);

– компоненти систем автоматизації виробничих процесів (промислові ПК, компактні програмовані логічні контролери /ПЛК/, розширювачі входів/виходів для ПЛК, модулі віддалених входів/виходів ПЛК, сенсорні панелі із вбудованими ПЛК, програмовані керуючі реле для кіл безпеки /Easy Safety/, вимірювальні реле /EMR/, реле часу /ETR/, реле перевантаження, пристрої плавного пуску тощо);

– вибухозахищене обладнання для роботи у вибухо- та пожежо- небезпечних середовищах;

– програмне забезпечення з моделювання систем автоматизації виробничих процесів з урахуванням існуючих ризиків.

Крім цього, ДП «Ітон Електрик» надає широкий спектр необхідної технічної документації на свою продукцію, а також, і це дуже важливо, надає дійсно кваліфіковані практичні рекомендації щодо її безпечного використання з урахуванням вимог існуючого європейського законодавства в сфері безпеки виробничого обладнання та продукції. Так спеціалістами «EATON/MOELLER» розроблені відповідні керівництва/довідники [1-3], в яких, з урахуванням вимог Directive 2006/42/EC, EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1:2003), EN ISO 13849-1 (ДСТУ EN ISO 13849-1-2016), IEC 62061 та інших діючих у сфері безпеки виробничого обладнання й продукції гармонізованих стандартів й відповідних Директив Європейського Співтовариства, надані практичні рекомендації з техніки безпеки для машин і систем їх управління та контролю, у тому числі запропоновані відповідні схеми та заходи щодо:

– безпеки їх ремонту обслуговування та експлуатації;

– захисту від ураження електричним струмом;

– забезпечення необхідного рівня безпеки у відповідності до норм стандарту EN 60 204-1 (ДСТУ EN 60204-1:2015 Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги).

Крім того, спеціалістами «EATON/MOELLER» у відповідних розділах керівництва/довідника [1] запропоновані та апробовані ефективні алгоритми визначення основних показників безпеки у разі застосування таких схем, як:

– аварійного відключення;

– запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків);

– контролю з'єднаних захисних бар'єрів/огорожень з блокуванням або без нього;

– контролю відкритих зон небезпеки;

– використання двопозиційних (дворучних) органів управління (типів I, II та III) тощо.

Незалежний від виробника інструмент розрахунку «SISTEMA» Інституту охорони праці та здоров'я німецького соціального страхування від нещасних випадків (IFA), який також використовується і спеціалістами «EATON/MOELLER», надає ефективну допомогу в оцінці компонентів систем управління, що пов'язані з безпекою в контексті EN ISO 13849-1, і дозволяє значно спростити аналіз та оцінку існуючих ризиків.

3. Постановка завдання та його вирішення.

3.1. Матеріали й методи.

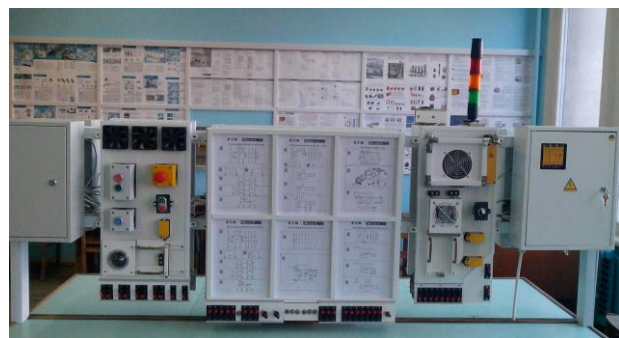
Аналіз останніх досягнень у виробництві й реалізації систем автоматизації, управління та промислового обладнання в сфері охорони праці та промислової безпеки; вивчення сучасних вимог до фахівців в сфері охорони праці та промислової безпеки.

3.2. Результати й обговорення.

Враховуючи вище наведене, кафедрою охорони праці, промислової та цивільної безпеки (ОПЦБ) НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та ДП «Ітон Електрик» було прийняте відповідне рішення про подальшу співпрацю в сфері охорони праці та промислової безпеки. У першу чергу, це стосується створення сумісної навчально-дослідної лабораторії з безпеки виробничих процесів. Ця лабораторія має дати змогу не лише забезпечити найвищі світові стандарти освіти випускників НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» стосовно рівня їх професійної підготовки в такій важливій сфері, як охорона праці та промислова безпека, а й сприяти проведенню науково-дослідних робіт студентів й викладачів кафедри (рисунок 1). Також в подальшому передбачається забезпечити в цій лабораторії можливість організації проведення додаткового професійного навчання для вже працюючих у різних галузях виробництва фахівців з метою підвищення рівня їх кваліфікації в сфері охорони праці та промислової безпеки до рівня європейських стандартів.



а



б

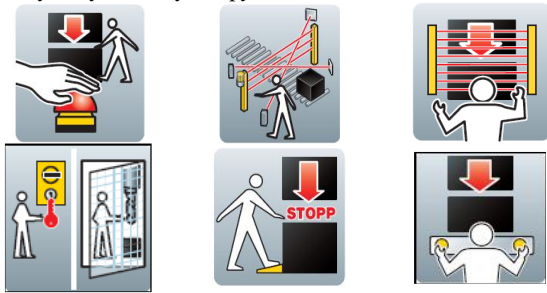
Рисунок 1 – Навчально-дослідна лабораторія з безпеки виробничих процесів: а – вигляд лабораторного стенду спереду; б – вигляд лабораторного стенду ззаду

В процесі навчання студентів на кафедрі ОПЦБ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» планується їх ознайомлення з існуючими вимогами Директив, стандартів та правил ЄС, які повинні бути враховані для забезпечення безпеки виробничого обладнання в процесі його проектування, експлуатації та обслуговування. Ці вимоги викладені в останній англійській версії

керівництва/довідника розробленого спеціалістами «EATON/MOELLER» «Safety Manual. Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061» [1].

Згідно з цими вимогами, будь яке виробниче обладнання в залежності від умов його експлуатації повинно забезпечувати відповідні функції безпеки і мати

відповідні гарантії щодо їх забезпечення. Наприклад, це можуть бути наступні функції безпеки:



- зупинення обладнання у разі виникнення аварійної ситуації;
- блокування захисних бар'єрів /огорожень/;
- світлові захисні бар'єри;
- дворучне вмикання;
- захист від перезапущу обладнання у разі відключення живлення від електромережі тощо.

Згідно рекомендацій, що викладені в зазначеному вище керівництві/довіднику [1], визначення показників безпеки виробничого обладнання повинно здійснюватися за наступними стандартами.

1. EN 954-1 «Safety of machinery SRP/CS. General principles for design» – «Безпека машин. Загальні принципи проектування».

*Примітка: Застосовується детерміністський (якісний) підхід щодо визначення показників функцій безпеки.

2. EN ISO 13849-1/-2 «Safety of machinery – Safety-related parts of control systems» – «Безпека машин - Безпека, що пов'язана з елементами систем управління».

Part 1: «General principles for design» – «Загальні принципи конструювання».

Part 2: «Validation» - «Перевірка».

*Примітки:

а) На відміну від EN 954-1, в якому використаний детерміністський (якісний) підхід, в EN ISO 13849-1 використовується ймовірнісний підхід, що дозволяє реалізувати кількісний розгляд показників функцій безпеки.

б) Для того, щоб класифікувати показники функцій безпеки при роботі обладнання використовується п'ять значень рівнів експлуатаційної безпеки PLs (a, b, c, d, e), які визначаються середніми значеннями ймовірності небезпечних відмов за годину. Рівень «а»: вклад функції управління в зниження ризику найбільш низький, а на рівні PL «e» – найбільш високий.

в) Остаточна перевірка всіх захисних заходів, що забезпечують надійне виконання шуканих функцій безпеки, є обов'язковою складовою частиною EN ISO 13849-2.

3. IEC 62061 «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems» – «Безпека машин. Функціональна безпека, що пов'язана з безпекою електричних, електронних та програмованих систем управління».

*Примітка: У загальному випадку IEC 62061, як і EN ISO 12100-1, є начебто альтернативою стандарту EN ISO 13849-1. Рівень безпеки обладнання в цьому випадку визначається трьома рівнями так званої повноти безпеки SIL - «Safety Integrity» (1, 2, 3).

При визначенні показників безпеки на додаток до стандартів EN ISO 13849-1/-2 і IEC 62061 необхідно також використовувати:

1. EN ISO 12100-1/2 «Safety of machinery General principles for design and risk evaluation. Basic concepts» -

«Загальні принципи проектування та оцінки ризику. Базові концепції».

2. EN ISO 14121-1 «Principles for risk assessment» – «Принципи оцінки ризику».

Слід зазначити, що оскільки в діючих стандартах безпеки використовуються і різні системи класифікації та алгоритми визначення показників безпеки виробничого обладнання, то в керівництві/довіднику [1] надається інформація одразу для всіх основних вище згаданих стандартів за формою поданою в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники безпеки (EN 954-1, EN ISO 13849-1 та IEC 62061)

Category to EN 954-1 Категорія безпеки згідно з EN 954-1
Performance level PL acc. to EN ISO 13849-1 Рівень експлуатаційної безпеки PL згідно з EN ISO 13849-1
Safety Integrity Level SIL acc. to IEC 62061 Рівень повноти безпеки SIL згідно з IEC (МЭК) 62061

*Примітки:

1. ISO/IEC – це «Міжнародна організація із стандартизації», яка розробляє міжнародні стандарти, на самперед, для неелектричних технологій.

2. IEC/МЭК – це «Міжнародна електротехнічна комісія», яка розробляє міжнародні стандарти для електричних та пов'язаних з ними технологій.

Таким чином, для кожної із запропонованих в керівництві/довіднику «EATON/MOELLER» [1] схем, одночасно наведені характерні для них значення основних показників безпеки у відповідності до вимог EN 954-1, EN ISO 13849-1 і IEC 62061, а також приведений перелік прийнятих при цьому допусків. Показники безпеки наведені у дуже зручній для сприйняття формі, а саме у вигляді таблиць в заголовку кожного з відповідних розділів цього керівництва/довідника (таблиця 2).

Таблиця 2 – Уніфікована форма визначення відповідних показників безпеки

Категорія безпеки згідно з EN 954-1	B	1	2	3	4
Рівень експлуатаційної безпеки PL згідно з EN ISO 13849-1	a	b	c	d	e
Рівень повноти безпеки SIL згідно з IEC (МЭК) 62061	1	2	3		

Також у керівництві/довіднику «EATON/MOELLER» [1] наведені вичерпні дані про існуючі згідно з вимогами EN ISO 13849 та IEC 62061 основні показники безпеки обладнання, яке виробляється корпорацією «EATON», і зроблено це з урахуванням експлуатаційних характеристик останнього. У першу чергу, це показники, які пов'язані з безпекою частин (елементів) обладнання та систем управління з урахуванням відмовостійкості апаратних засобів і використовуваних в системі управління діагностичних функцій і їх надійності. Для стандарту EN ISO 13849 це: Structure/category; MTTF_a; B10_a; n_{op}; CCF; DC_{avg}; PL; T10_a, а для стандарту IEC 62061 це: Structure/category; PFH_a; B10; λ_d/λ; C; β; DC; SIL (всього по 8 основних показників).

Крім того, у цьому керівництві/довіднику, і це дуже важливо, визначений та наведений чіткий взаємозв'язок ймовірності виникнення небезпечної відмови за годину (PFH_d) і рівня експлуатаційної безпеки PL згідно стандарту EN ISO 13849 та рівня повноти безпеки SIL згідно стандарту IEC 62061 (рисунок 2, 3; таблиця 3).

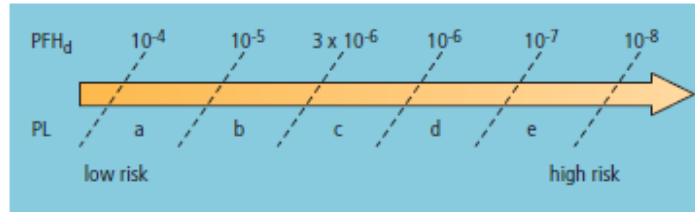


Рисунок 2 – Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFH_d) й рівня експлуатаційної безпеки PL – EN ISO 13849

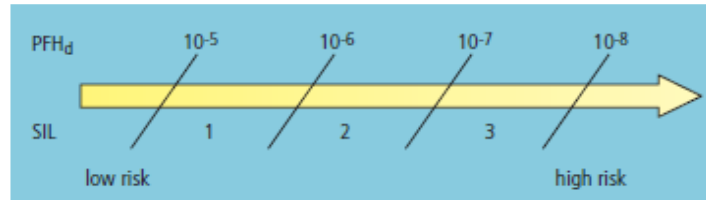


Рисунок 3 – Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFH_d) й рівня повноти безпеки SIL – IEC 62061

Таблиця 3 – Взаємозв'язок основних показників безпеки (PFH_d, PL і SIL)

Рівень експлуатаційної безпеки PL	Ймовірність небезпечної відмови за год (1/год)	Рівень повноти безпеки SIL
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	Ніяких спеціальних вимог з безпеки
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$	1
c	$\geq 10^{-6}$ to 3×10^{-6}	1
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$	2
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$	3

*Примітки:

1. **a** – вклад функцій управління в зниження ризику є найбільш низьким;
2. **e** – вклад функцій управління в зниження ризику є найбільш високим.

Розроблені спеціалістами технічного відділу ДП «Ітон Електрик» та співробітниками кафедри ОПЦБ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» універсальні лабораторні стенди (рисунок 4) при їх незначній додатковій модернізації вже найближчим часом дозволять реалізовувати на практиці не тільки існуючі схеми захисту виробничого персоналу, що пропонуються в керівництвах/довідниках [1–3], а й будь які інші, у тому

числі і ті, що можуть бути розроблені та запропоновані студентами самостійно. І це дуже важливо, так як це надасть можливість останнім реалізувати в повній мірі весь свій творчий потенціал, а також, і це головне, у них з'явиться можливість виконання на сучасному європейському рівні відповідних наукових-досліджень у сфері охорони праці та промислової безпеки.



Рисунок 4 – Універсальні лабораторні стенди для навчання фахівців з охорони праці

Висновки.

Керівництво кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки (ОПЦБ) НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та технічний відділ ДП «Ітон Електрик» і надалі планують продовжувати спільну роботу щодо

подальшої модернізації матеріально-технічної бази спільної навчально-дослідної лабораторії з безпеки виробничих процесів та проведення наукових досліджень у сфері охорони праці та промислової безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Керівництво/довідник «Safety Manual. Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061». Режим доступу: <http://moeller.kiev.ua/rukovodstvo-po-bezopasnosti>.
2. Керівництво/довідник «Обладнання промислової безпеки». Режим доступу: http://moeller.kiev.ua/images/uploads/pdf_catalogs/172/Safety_spravochnik_2004.pdf.
3. Керівництво/довідник з електричних схем «Автоматизація та розподіл електроенергії». Режим доступу: http://moeller.kiev.ua/images/uploads/pdf_catalogs/174/Wiring%20manual%202009%20ru.pdf.

REFERENCES

1. Guide/Directory «Safety Manual. Safety technology for machines and systems in accordance with the international standards EN ISO 13849-1 and IEC 62061». Available: <http://moeller.kiev.ua/rukovodstvo-po-bezopasnosti>.
2. Guide/Directory "Industrial Safety Equipment". Available: http://moeller.kiev.ua/images/uploads/pdf_catalogs/172/Safety_spravochnik_2004.pdf.
3. Guide / Directory on electrical circuits "Automation and Distribution of Electricity". Available: http://moeller.kiev.ua/images/uploads/pdf_catalogs/174/Wiring%20manual%202009%20ru.pdf.

А. Г. Левченко, С. Ф. Каштанов, А. П. Олейник

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ – ОСНОВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКОВ КПИ ИМ. ИГОРЬ СИКОРСКИЙ

Рассмотрены и проанализированы основные достижения корпорации «EATON» в сфере охраны труда, а также разработанные корпорацией «EATON» методики для ознакомления потребителей ее продукции с особенностями применения Directive 2006/42 / EC, EN 954-1 (ДСТУ EN 954-1), EN ISO 13849-1 (ГОСТ EN ISO 13849-1), IEC 62061 и других действующих нормативных документов в сфере безопасности производственного оборудования и продукции с целью минимизации возможных производственных рисков при ее эксплуатации. Приведено описание созданной на кафедре охраны труда, промышленной и гражданской безопасности НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского» совместно с ГП «Ітон Електрик» новой учебно-исследовательской лаборатории по безопасности производственных процессов, организованной с целью повышения уровня профессиональной подготовки выпускников.

Ключевые слова: охрана труда, промышленная безопасность, функции безопасности, риски, учебный процесс.