Опис лабораторії електробезпеки

Одним із основних напрямів розвитку НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» є подальше реформування учбового 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 й у такій важливій сфері, як охорона праці та промислова безпека.

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

До таких виробників, в першу чергу, слід віднести таку міжнародну корпорацію, як «EATON», до складу якої увійшли компанії «MOELLER» та «COOPER». Ця міжнародна корпорація є флагманом цієї галузі й 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, у 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 – ємкісні, індуктивні, фотоелектричні; датчики тиску; вібраційні датчики; механічні кінцеві вимикачі тощо);

- систему управління Smart Wire-DT з технологією Smart Wire Darwin (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 пожежонебезпечних середовищах;

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

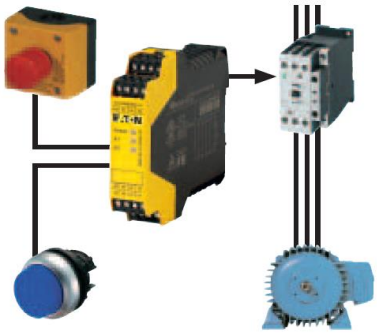
Крім цього, ДП «Ітон Електрик» надає широкий спектр необхідної технічної документації на свою продукцію, а також, і це дуже важливо, надає дійсно кваліфіковані практичні рекомендації щодо її безпечного використання з урахуванням вимог існуючого європейського законодавства в сфері безпеки виробничого 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 чинних у сфері безпеки виробничого обладнання та продукції гармонізованих стандартів та відповідних Директив Європейського Співтовариства, надано практичні рекомендації з техніки безпеки для машин і систем їх управління та контролю, у тому числі запропоновано 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] запропоновано та апробовано ефективні алгоритми визначення основних показників безпеки у разі застосування таких схем, як:



•аварійне відключення;

•запобігання непередбаченого запуску обладнання (повторних перезапусків);

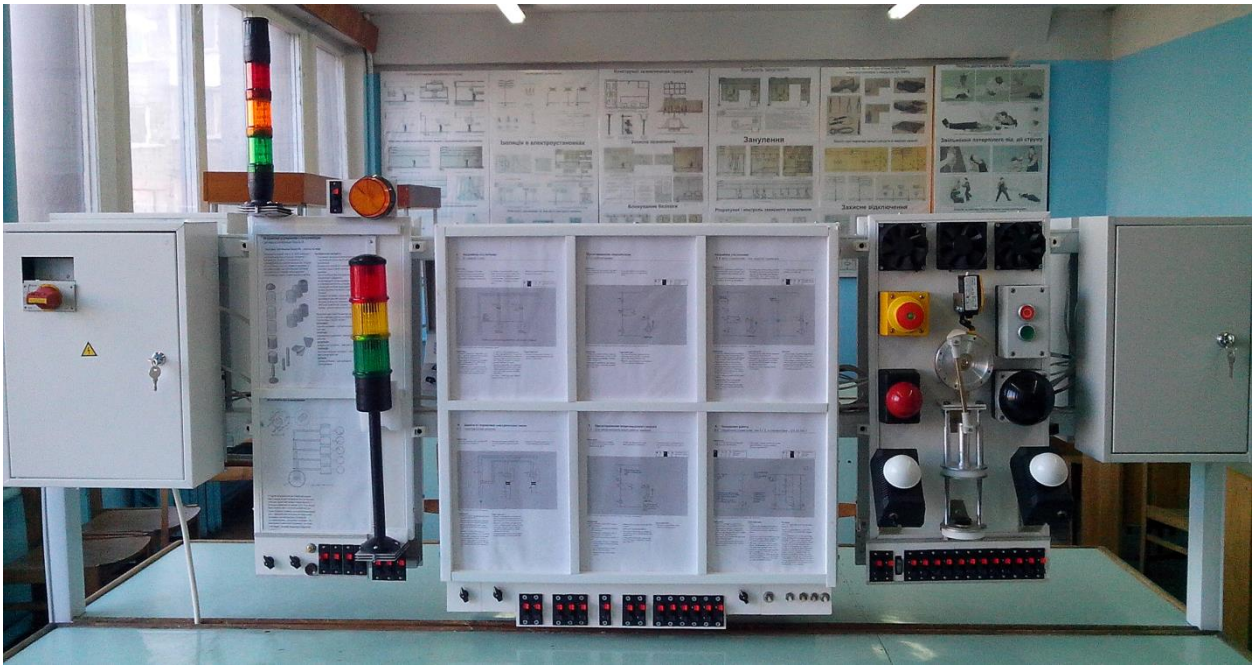
•контроль з'ємних захисних бар'єрів/огороджень/ з блокуванням або без нього;

•контроль відкритих зон небезпеки;

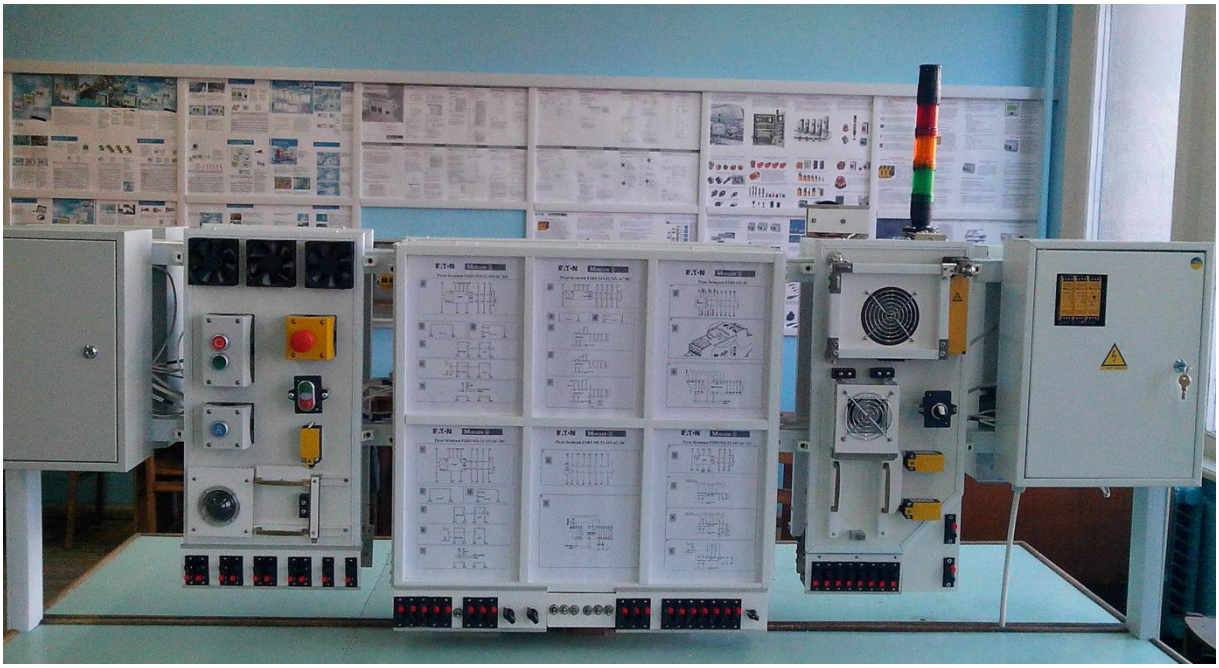
•використання двопозиційних (дворучних) органів управління (типів I, II та III) тощо.

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 при оцінці компонентів систем управління, що пов'язані з безпекою в контексті EN ISO 13849-1, і дозволяє значно спростити аналіз та оцінку існуючих ризиків.

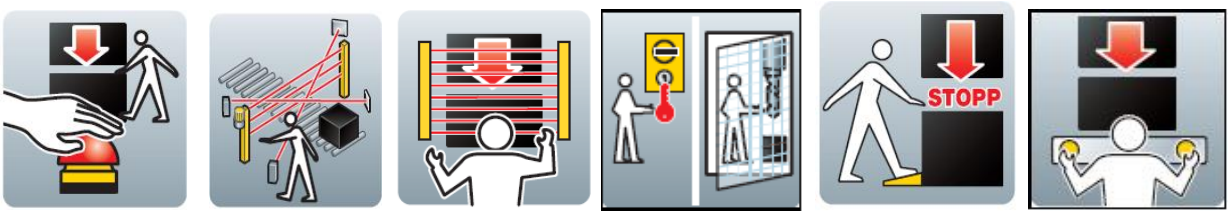
Ураховуючи вищенаведене, кафедрою охорони праці, промислової та цивільної безпеки (ОППЦБ) НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» та ДП «Ітон Електрик» було прийняте відповідне рішення про подальшу співпрацю в сфері охорони праці та промислової безпеки. У першу чергу, це стосується створення спільної учбово-дослідної лабораторії з безпеки виробничих процесів. Ця лабораторія повинна дозволити 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 дозволити студентам і викладачам кафедри проводити науково-дослідні роботи в цій сфері. Також у 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.



У 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 викладено в останній англомовній 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, має забезпечувати відповідні функції безпеки і мати відповідні гарантії щодо їх забезпечення. Наприклад, це можуть бути такі функції безпеки:



•зупинення обладнання в разі настання аварійної ситуації;

•блокування захисних бар’єрів/огороджень/;

•світлові захисні бар’єри;

•дворучне вмикання;

•захист від перезапуску обладнання у разі відключення живлення від електромережі тощо.

Згідно з рекомендаціями, що викладені у вищезазначеному керівництві/довіднику [1], визначення показників безпеки виробничого обладнання повинно здійснюватися за такими 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 функції 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 функції безпеки;

б) для того, щоб класифікувати показники функції 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 функцій управління в зниження ризику найбільш низький, а на рівні PL «е» – 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 чинних 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 вищезгаданих стандартів за формою приведеною 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 Intergity Level SIL acc. to IEC 62061 **Рівень повноти безпеки SIL** згідно з IEC (МЭК) 62061

**Примітки:*

*1. **ISO/ИСО –** «Міжнародна організація із стандартизації», яка розробляє міжнародні стандарти, на сам перед, для неелектричних технологій.*

*2. **IEC/МЭК** – «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 наведено перелік прийнятих при цьому допущень. 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).

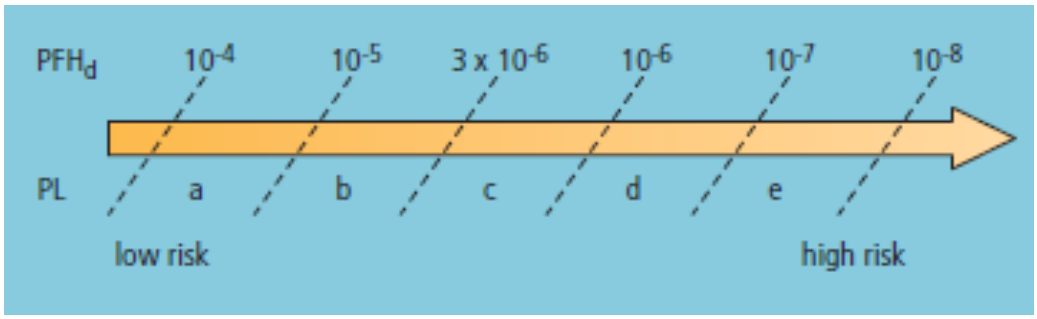
Таблиця 2

Уніфікована форма визначення відповідних показників безпеки

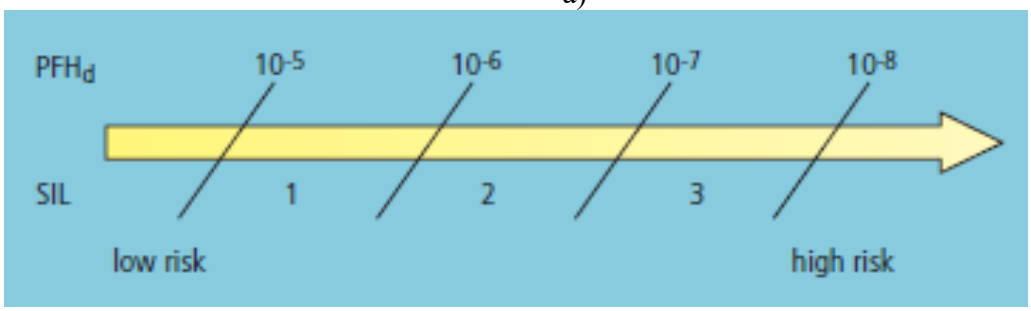
Категорія безпеки згідно з EN 954-1	**B**	**1**	**2**	**3**	**4**
Рівень експлуатаційної безпеки **PL** згідно з EN ISO 13849-1	**a**	**в**	**c**	**d**	**e**
Рівень повноти безпеки **SIL** згідно з IEC (МЭК) 62061	**1**	**2**	**3**		

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, що пов'язані з безпекою частин (елементів) обладнання та систем управління з урахуванням відмовостійкості апаратних засобів і використовуваних в системі управління діагностичних функцій та їх надійності. Для стандарту EN ISO 13849 це: **Structure/category**; **$MTTF_d$** ; **$B10_d$** ; **n_{op}**; **CCF**; **DC_{avg}**; **PL**; **$T10_d$**, а для стандарту IEC 62061 – **Structure/category**; **PFH_d**; **B10**; **λ_d/λ**; **C**; **β**; **DC**; **SIL** (усього по 8 основних показників).

Крім того, у цьому керівництві/довіднику, і це дуже важливо, визначений та наведений чіткий взаємозв'язок ймовірності настання небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня експлуатаційної безпеки PL згідно зі стандартом EN ISO 13849 та рівня повноти безпеки SIL зі стандартом IEC 62061 (рис.1 а; рис.1 б; таблиця 3).



а)



б)

Рис.1. Взаємозв'язок ймовірності небезпечної відмови за годину (PFHd) і рівня експлуатаційної безпеки PL – EN ISO 13849 (а); рівня повноти безпеки SIL – IEC 62061 (б)

Таблиця 3

Взаємозв'язок основних показників безпеки (PFHd, PL і SIL)

Рівень експлуатаційної безпеки PL	Імовірність небезпечної відмови за год (1/год)	Рівень повноти безпеки SIL
A	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	Ніяких спеціальних вимог з безпеки
B	$\geq 3x10^{-6}$ to $< 10^{-5}$	**1**
C	$\geq 10^{-6}$ to $3x10^{-6}$	**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 ОППЦБ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» універсальні лабораторні стенди 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 й ті, що можуть бути розроблені та запропоновані студентами самостійно. І це дуже важливо,

так як 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.

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 учбово-дослідної лабораторії з безпеки виробничих процесів і проведення наукових досліджень у сфері охорони праці та промислової безпеки.

Список літератури

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

Інформацію надали

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, С. Ф. Каштанов, канд. техн. наук
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»);
А. П. Олійник, керівник техн. відділу
(ДП «Ітон Електрик»)

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, safety, safety functions, risks, safety indicators, educational process.*