

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

БОЧКОВСЬКИЙ АНДРІЙ ПЕТРОВИЧ



УДК 331.4(043.5)

**НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ВИНИКНЕННЯ
ПРОФЕСІЙНИХ НЕБЕЗПЕК**

Спеціальність 05.26.01 – «Охорона праці»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпро – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі управління системами безпеки життєдіяльності Одеського національного політехнічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий

консультант: доктор технічних наук, професор

Гогунський Віктор Дмитрович, Одеський національний політехнічний університет Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри управління системами безпеки життєдіяльності.

Офіційні

опоненти:

доктор технічних наук, професор

Голінько Василь Іванович, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри охорони праці та цивільної безпеки.

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

Кружилко Олег Євгенович, Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» Держпраці та Національної академії наук України, завідувач наукового відділу інформаційних технологій.

доктор технічних наук, доцент

Лапшин Олександр Олександрович, Криворізький національний університет Міністерства освіти і науки України, професор кафедри охорони праці та цивільної безпеки.

Захист відбудеться «11» квітня 2019 р. о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19. Корпус 1, ауд. 60.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005 м. Дніпро, пр. Д. Яворницького, 19.

Автореферат розісланий «07» березня 2019 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.080.07, д.т.н., професор



В.І. Корнієнко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Стан та актуальність питання. Основні принципи побудови сучасних систем управління охороною праці сформувалися ще наприкінці 70-х років минулого століття. Зазначений історичний період часу характеризувався тенденціями інтенсифікації промислового виробництва з метою випуску значних обсягів певної типової продукції для потреб народного господарства. Такі тенденції визначали високий рівень уніфікації технологічних процесів відповідних галузевих підприємств «гігантів» в межах всієї держави, що, в свою чергу, і формувало методологічні принципи функціонування систем управління охороною праці. Зазначені принципи полягали у зборі статистичної інформації щодо нещасних випадків та професійних захворювань, які вже сталися з її послідувачим аналізом та розробкою типових заходів і засобів безпеки для відповідних галузевих підприємств. Однак, бурхливий розвиток інформаційних технологій, що відбувається з початку другого тисячоліття продукує процес постійної модернізації технологічних процесів підприємств зі скороченням їх життєвого циклу. Зазначені тенденції, в свою чергу, почали вимагати відповідних змін в принципах функціонування систем управління охороною праці. Тобто перебудови їх в сучасні динамічні адаптивні системи, що ґрунтуються на принципах прогнозування ймовірності виникнення професійних небезпек та їх оперативного усунення. Такі принципи отримали назву – «ризик орієнтовний підхід» або управління ризиками. Внаслідок необхідності методологічного забезпечення процесу управління ризиками, на сьогоднішній день, дослідниками розроблено близько сотні методів, які, однак, призначені лише для вирішення окремих завдань управління, а саме для процедури оцінювання ризиків. Втім, незважаючи на велику кількість наявних методів, їх не можна вважати об'єктивними, оскільки жоден з них не ґрунтується на принципах моделювання випадкових процесів негативного гібридного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, який чиниться на працівника в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище». Це пояснюється по-перше відсутністю теоретичних основ щодо розуміння природи причин виникнення професійних небезпек та механізмів їх негативного впливу на працівника в рамках зазначених систем. А, по-друге, відсутністю спеціального математичного апарату досліджень реальних випадкових процесів, який би був адаптований для сфери охорони праці. В той же час, інші необхідні процедури процесу управління ризиками, а саме планування, моніторинг та корегування є зовсім методологічно незабезпеченими, що, разом з наявними проблемами процедури оцінювання, практично унеможлиблює реалізацію процесу управління ризиками виникнення професійних небезпек на підприємствах, в установах та організаціях.

Таким чином, забезпечення практичної реалізації об'єктивного процесу управління ризиками в сфері охорони праці потребує запровадження системного

підходу для вирішення низки актуальних проблем концептуального, методологічного та науково-практичного характеру, що можливо здійснити лише в рамках розробки наукових основ управління ризиками виникнення професійних небезпек.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконувалась у відповідності з діючою Загальнодержавною соціальною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки (затверджено Законом України від 4 квітня 2013 року № 178-VII, остання редакція від 01.01.2015 року), Стратегією сталого розвитку «Україна – 2020» (схвалено Указом Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015), Національною стратегією у сфері прав людини (затверджено Указом Президента України від 25 серпня 2015 року № 501/2015), а також темою науково-дослідної роботи кафедри управління системами безпеки життєдіяльності Одеського національного політехнічного університету «Наукові основи управління ризиками виникнення професійних небезпек» (номер держреєстрації 0118U006610), в якій автор брав участь як науковий керівник та відповідальний виконавець.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розробка науково-обґрунтованого комплексного теоретико-методологічного інструментарію для планування оптимального управління ризиками в сфері охорони праці і знаходження ймовірності виникнення професійних небезпек та принципів автоматизованого комплексного захисту працюючих від негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище» для забезпечення системного підходу управління ризиками виникнення професійних небезпек.

Для досягнення мети дисертаційної роботи поставлені наступні завдання досліджень:

1. Провести аналіз нормативно-правової бази та наукових досліджень з управління ризиками виникнення професійних небезпек.

2. Удосконалити концептуальні основи управління ризиками в сфері охорони праці.

3. Встановити причинно-наслідкові зв'язки між «людським фактором» та ризиком виникнення професійних небезпек, розробити принципи і напрями мінімізації негативних проявів «людського фактора».

4. Розробити та обґрунтувати математичні моделі планування управління професійними ризиками.

5. Розробити та обґрунтувати стохастичні моделі оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек для застосування в системах управління охороною праці.

6. Розробити принципи автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек.

Об'єктом дослідження є процеси управління ризиками в системах

«людина – машина – середовище».

Предметом дослідження є причини та умови виникнення професійних небезпек, методи управління ризиками виникнення професійних небезпек, принципи мінімізації негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в рамках систем «людина – машина – середовище».

Методи досліджень. В рамках дисертаційної роботи застосовувався наступний комплекс наукових методів: аналіз науково-технічної літератури та нормативно-правової бази з охорони праці – для актуалізації та формулювання наукової проблеми; загально логічні методи – для удосконалення концептуальних основ управління ризиками; структурний аналіз – для визначення структури та причин виникнення нещасних випадків і професійних захворювань; кореляційний аналіз – для з'ясування характеру зв'язків між професійними небезпеками та причинами їх виникнення; регресійний аналіз – для визначення характеру залежностей між професійними небезпеками та проявами «людського фактора»; ймовірно-статистичні методи – для розробки моделей планування управління професійними ризиками; теорія марковських процесів – для розробки стохастичних моделей оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек; методи формалізації – для розробки принципів автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек.

Основні наукові положення:

- планування управління ризиками здійснюється шляхом побудови моделі опуклої оптимізації, в якій параметрами управління є обсяги ресурсів на окремі заходи і засоби з охорони праці, а критерієм оптимальності – максимізація ймовірності не настання жодної ризикової події за всіма можливими негативними факторами при обмеженні на величину розміру загальних фінансових ресурсів на охорону праці, що дозволяє скоротити очікуванні збитки суб'єкта господарювання, які обумовлені негативним впливом на працівника визначеної номенклатури ідентифікованих факторів та підвищити рівень гуманізації праці;

- оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» здійснюється шляхом знаходження ймовірного розподілу марковського процесу зі знесенням з параметрами, що описують зміну стану зайнятості працівника у часі, зміну працездатного стану працівника і виробничого обладнання, а також рівень накопичення негативного впливу шкідливих виробничих факторів в організмі працівника, що дозволяє кількісно визначити основні показники професійної безпеки з урахуванням випадкового процесу гібридного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника, який відбувається в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище».

Наукові результати досліджень та їх новизна полягають в тому, що:

вперше:

- розроблено науково-обґрунтований комплексний теоретико-

методологічний інструментарій для планування оптимального управління ризиками в сфері охорони праці і визначення ймовірності виникнення професійних небезпек та принципи автоматизованого комплексного захисту працюючих від негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище», що дозволило забезпечити системний підхід управління ризиками виникнення професійних небезпек;

- встановлено необхідні умови запобігання виникненню професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище», що дозволило визначити механізми їх мінімізації, які полягають в усуненні факторів ризику під час взаємодії об'єкта ризику з об'єктом небезпеки;

- побудовано математичні моделі опуклої оптимізації з урахуванням випадкового характеру негативного впливу шкідливих виробничих факторів на працівника у часі, що дозволило встановити математичну залежність між витратами на охорону праці і рівнем професійного ризику та здійснювати оптимальний розподіл ресурсів між визначеною номенклатурою ідентифікованих факторів;

- запропоновано та обґрунтовано до застосування для процедури оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек спеціальний підклас марковських процесів – марковських процесів зі знесенням. Це дозволило змодельовати випадковий процес гібридного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника, який відбувається в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище»;

- виведено систему диференціальних рівнянь та граничних умов, що описують розподіл ймовірностей означеного марковського процесу з метою кількісної оцінки негативного впливу на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів для систем «людина – машина – середовище». Це дало змогу визначити низку основних показників, що характеризують рівень професійної безпеки працівника. А саме – ймовірність перевищення рівня накопичування негативного впливу від дії шкідливого фактору в організмі працівника встановлених гігієнічних нормативів, ймовірність травмування працівника у випадковий період часу та інші;

- розроблено принципи комплексного захисту працюючих від професійних небезпек, які полягають у здійсненні постійного моніторингу і оперативного корегування параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище», що дозволило запропонувати для застосування в системах управління охороною праці відповідну автоматизовану систему та її складові.

удосконалено:

- визначення терміну «ризик» в контексті його прив'язки до небезпечної події, а також класифікацію ризиків виникнення професійних небезпек, що дозволило визначити і обґрунтувати цілі та завдання управління зазначеним

явищем в сфері охорони праці для мінімізації виникнення стратегічних помилок в рамках реалізації процесу управління та визначити необхідні умови реалізації ризиків у професійні небезпеки для формування шляхів їх мінімізації в рамках систем «людина – машина – середовище».

дістали подальшого розвитку:

- принципи мінімізації негативних проявів «людського фактора» в системах «людина – машина – середовище», які полягають у забезпеченні можливості виконання людиною вимог нормативно-правових документів та підвищенні рівня мотивації працівника до їх сумлінного виконання шляхом позитивних змін інформаційної та соціальної складових «людського фактора».

Обґрунтованість та достовірність результатів підтверджується: коректністю використання теорії марковських процесів, методів стохастичної оптимізації, відповідністю математичних моделей реальним умовам функціонування систем «людина – машина – середовище»; результатами зіставлення розрахункових та фактичних (статистичних) даних; позитивним досвідом апробації результатів дисертаційної роботи.

Практичне значення отриманих результатів. За результатами проведених дисертаційних досліджень розроблено наступні автоматизовані системи:

- обліку та контролю змін нормативно-правової бази України з охорони праці (свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 70334);
- комплексного захисту від професійних небезпек (позитивне рішення про видачу патенту на винахід № 22391/ЗА/18);
- контролю безпеки виробництв (патент на винахід № 115808, патент № 107315);
- контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (патент № 93386);
- контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (патент № 97894);
- захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньоцехового транспорту (патент № 116307);
- контролю і управління організацією робочого місця (патент № 125381).

Рівень впровадження результатів досліджень. Наукові положення, висновки і результати роботи впроваджено в систему управління охороною праці ПАТ ВО «Стальканат - Сігур» (м. Одеса), а також у діяльність Фонду соціального страхування України, де вони апробувались під час проведення профілактичних заходів щодо попередження нещасних випадків і професійних захворювань на промислових підприємствах Одеської області.

Особистий внесок автора. Дисертація є самостійно виконаною науковою працею, в якій викладено авторський підхід до інтерпретації терміну «ризик» в сфері охорони праці; визначення факторів і причин ризику, умов виникнення та існування професійних небезпек; класифікації ризиків в системах «людина –

машина – середовище»; удосконалення методологічних підходів управління ризиками в сфері охорони праці, визначення та обґрунтування смислових інтерпретацій термінів «людський фактор» та «ризик» в сфері охорони праці; визначення, обґрунтування та аналізу складових «людського фактора», а також принципів і напрямів його мінімізації в рамках систем «людина – машина – середовище»; розробки математичних моделей планування управління професійними ризиками; встановлення математичних залежностей між витратами на охорону праці і прийнятним рівнем ризику; обґрунтування актуальності впровадженні розроблених моделей в системи управління охороною праці реальних підприємств та відповідні страхові установи; обґрунтування застосування марковських процесів зі знесенням (дискретних та безперервних випадкових блукань) для процедури оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек; розробки стохастичних моделей для оцінки ризиків виникнення професійних небезпек з урахуванням тяжкості можливих наслідків реалізації професійних небезпек та наявних заходів і засобів захисту від їх впливу; встановлення математичної залежності між рівнем накопичування негативного впливу від дії певного шкідливого виробничого фактору в організмі працівника та ймовірністю отримання їм виробничої травми; визначення критеріїв оцінювання рівня ризику виникнення професійних небезпек для систем «людина – машина – середовище»; розробки принципів комплексного захисту працюючих від професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище».

Внесок автора в роботи, опубліковані у співавторстві, конкретизовано в списку публікацій.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та були схвалені на: 18-ій міжнародній науково-практичній конференції «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств» (м. Барнаул, 2017 р.); XIII міжнародній науково-практичній конференції «Modern scientific potential – 2018» (Sheffield, England, 2018 р.); XIV міжнародній науково-практичній конференції «Dny vědy – 2018» (Praha, 2018 р.); Першій міжнародній науково-технічній конференції «Перспективні технології для забезпечення безпеки життєдіяльності та довголіття людини» (м. Одеса, 2018 р.).

Публікації. Основні положення і результати роботи відображено в 40 друкованих наукових працях, з них: 1 монографія; 22 – статті у фахових виданнях (з них 7 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз), 1 – свідоцтво про авторське право на твір, 1 патент на винахід, 1 – позитивне рішення про видачу патенту на винахід, 5 патентів на корисну модель, 4 – матеріали наукових конференцій, 5 – інші праці.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, списку літературних джерел, що містить 215 найменувань на 22 сторінках, 2 додатків. Загальний обсяг дисертації – 385 сторінок, у тому числі 37 рисунків та 9 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, проведено критичний аналіз стану наукової проблеми та обґрунтовано актуальність теми досліджень. Сформульовано мету і завдання досліджень, відповідно до визначених об'єкту та предмету досліджень, викладено основні наукові положення і наукову новизну отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, а також наведені методи і практичні результати досліджень.

У першому розділі обґрунтовано актуальність розробки наукових основ управління ризиками для застосування в системах управління охороною праці. Проведено аналіз основних діючих нормативно-правових документів, що регламентують реалізацію процесів управління ризиками в сфері охорони праці, а також відомих наукових досліджень з проблематики управління ризиками в системах управління охороною праці. Визначено, що існуючі проблеми управління ризиками в сфері охорони праці можливо вирішити в рамках системного підходу шляхом розробки наукових основ управління ризиками виникнення професійних небезпек.

Встановлено, що загальні принципи управління ризиками в сфері охорони праці, відповідно до стандартів серії OHSAS, базуються на виконанні методології PDCA, яку можна визначити як постійний циклічний процес: планування – реалізація – моніторинг – корегування (plan-do-check-act). У більш уточненому вигляді, враховуючи рекомендації ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013, цей процес представлено як циклічне виконання наступних трьох процедур: планування управління ризиками, оцінювання ризиків, усунення (мінімізація) небезпек.

Аналіз змісту існуючих нормативно-правових документів з управління ризиками в сфері охорони праці виявив, що лише одна з трьох зазначених необхідних процедур є формально методологічно забезпеченою, а саме процедура оцінювання ризиків. Формальний характер методологічного забезпечення процедури оцінювання визначається наступними основними проблемами:

- значною кількістю запропонованих методик оцінювання (налічується близько 30), серед яких виконавцю відповідної процедури необхідно обирати потрібні за невизначеними критеріями;

- необхідністю комбінування декількох обраних методик (знову ж таки за невизначеними критеріями) за для можливості досягнення результату оцінювання;

- непристосованістю запропонованих методик до використання у сфері охорони праці та, як результат, відсутністю об'єктивних методологічних підходів до прогнозування можливих наслідків випадкового гібридного негативного впливу на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів в межах функціонування систем «людина – машина – середовище».

Проведений аналіз відомих наукових досліджень з проблематики управління ризиками в сфері охорони праці показав, що тенденції щодо удосконалення

процедури оцінювання ризиків в основному обмежуються безсистемною розробкою методик, що можуть застосовуватись лише за певних умов і на конкретних підприємствах. Відповідні тенденції спостерігаються і в проблематиці розробки методологічного забезпечення для процедури планування управління ризиками, а також принципів комплексного захисту працюючих від професійних небезпек в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище».

Сучасні проблеми управління ризиками в сфері охорони праці є актуальними і мають комплексний системний характер, оскільки відносяться до всіх, без виключення, процедур забезпечення даного процесу.

Аналіз стану проблем дозволив зробити висновки, що їх вирішення потребує проведення досліджень та отримання науково-практичних результатів в напрямках:

- удосконалення концептуальних основ управління ризиками в сфері охорони праці;
- встановлення принципів та напрямів зменшення негативного впливу проявів «людського фактора» на стан функціонування систем «людина – машина – середовище»;
- обґрунтування та розробки математичних моделей планування управління ризиками в сфері охорони праці;
- обґрунтування та розробки стохастичних моделей оцінювання ризиків для систем «людина – машина – середовище» з урахуванням випадкового гібридного характеру впливу на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- розробки принципів комплексного захисту працюючих від професійних небезпек в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище».

Вагомий внесок у вирішення проблем управління ризиками в сфері охорони праці зробили Feyer A.-M., Хрупачев О.Г., Williamson A.M., Водяник А.О., Ткачук К.Н., Голінько В.І., Березуцький В.В., Кружилко О.Є., Лисюк М.О., Лапшин О.О., Качинський А.Б. та інші вчені.

У другому розділі досліджені та удосконалені існуючі концептуальні основи управління ризиками в контексті цілей та завдань функціонування систем управління охороною праці. Визначені і обґрунтовані напрями розробки методологічних підходів управління ризиками в межах систем «людина – машина – середовище» з урахуванням особливостей випадкового гібридного характеру негативного впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника.

Обґрунтовано інтерпретацію терміну «ризик» в контексті його «прив'язки» до конкретних небезпечних подій для застосування в сфері охорони праці. Встановлено, що в сфері охорони праці коректним і обґрунтованим є застосування терміну «ризик виникнення професійних небезпек», як такий, що комплексно відповідає цілям та завданням функціонування систем управління охороною праці.

Для управління ризиками в сфері охорони праці дуже важливо спиратися на теоретичні основи, що пояснюють причини виникнення професійних небезпек та механізми їх усунення (мінімізації). Однак, таких основ поки що не існує, відомі

лише окремі теорії в рамках яких розглядається зазначена проблематика. Еволюційний розвиток відомих теорій зміщує акцент розгляду причин виникнення професійних небезпек від особистісних характеристик людини – безпосереднього винуватця, до пошуку стратегічних помилок вважаючи їх первинними.

До стратегічних помилок відносять помилковість встановлення цілей, постановки завдань управління ризиками та інші. Такі помилки виходять з вищої ланки управління всіх рівнів, формуючи в подальшому тактичні помилки. Причиною стратегічних і тактичних помилок є низька якість методологічного та кадрового ресурсів, що забезпечують процес управління ризиками в сфері охорони праці.

Загальним недоліком зазначених теорій є те, що вони обмежуються виключно пошуком причин виникнення професійних небезпек, не розкриваючи суті механізмів їх виникнення та мінімізації. Очевидно, що пояснення таких механізмів лежить в площині визначення умов, за якими виникнення професійних небезпек в межах систем «людина – машина – середовище» стає взагалі неможливим.

Реалізація ризику в професійну небезпеку залежить від несприятливого для об'єкту ризику збігу обставин при контакті з об'єктом небезпеки. В даному випадку, у відповідності до визначених цілей управління ризиками в сфері охорони праці, об'єктом ризику є виключно працівник (група працівників), а об'єктом небезпеки – будь-яка складова системи «людина – машина – середовище». Зазначений збіг обставин стає можливим за наявності в системі певних слабких (вразливих) ланок – факторів ризику, які сприяють реалізації ризику у конкретну професійну небезпеку під час взаємодії об'єкту ризику з об'єктом небезпеки. Отже, виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» можливо лише за наявності трьох необхідних умов: об'єкту ризику, об'єкту небезпеки, факторів ризику. Відсутність хоча б однієї з зазначених умов унеможливує виникнення професійної небезпеки. Об'єкт небезпеки існує завжди, коли є об'єкт ризику. Оскільки об'єктом ризику в сфері охорони праці є людина, то ці умови є константами.

Таким чином, мінімізувати ймовірність виникнення професійних небезпек можливо лише усуваючи фактори ризику. Однак, повністю усунути професійні небезпеки неможливо в силу стохастичного характеру факторів ризику. Можна лише стверджувати про існування певного залишкового рівня ризику виникнення професійних небезпек, що можна досягти та підтримувати в процесі управління.

Рівень залишкового ризику напряму залежить від якості методологічного забезпечення процесу управління. Виявлені під час аналізу відомих методів оцінювання ризиків проблеми дозволяють стверджувати, що існуючий відповідний методологічний інструментарій, за своєю суттю, є формальним та недосконалим, оскільки прямо не призначений для застосування в сфері охорони праці, а отже, не враховує особливостей випадкового гібридного впливу небезпечних та шкідливих

виробничих факторів, який чиниться на працівника в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище». Однак, в той же час методологічні напрацювання в даній сфері є безумовно корисними як певна основа для створення об'єктивного інструментарію оцінювання ризиків в дослідних системах.

Так, в результаті аналізу визначено, що найбільш зручною основою для розробки методологічного забезпечення процедури оцінювання ризиків є універсальний інструментарій моделювання стохастичних процесів – теорія марковських процесів, яка в межах настановних стандартів наведена у дуже загальному та спрощеному вигляді. Встановлено, що застосування зазначеної теорії надає можливість, за умови використання певних різновидів марковських процесів, врахувати гібридний (дискретний та безперервний) характер впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника та отримати кількісні результати за основними показниками, що характеризують рівень професійної безпеки.

В третьому розділі визначено смислову інтерпретацію терміну «людський фактор» для застосування в сфері охорони праці, досліджено причинно-наслідкові зв'язки між причинами виникнення професійних небезпек та проявами «людського фактора». Визначені і проаналізовані складові «людського фактора» та розроблені принципи і напрями мінімізації його негативного впливу на стан безпеки систем «людина – машина – середовище» в контексті позитивних змін зазначених складових.

Встановлено, що існуючі нормативно-правові документи з охорони праці не містять тлумачення терміну «людський фактор». З метою визначення смислової інтерпретації терміну, а також ідентифікації причин виникнення професійних небезпек та проявів «людського фактору», проведено аналіз результатів розслідувань вибірки нещасних випадків на виробництві за галузевими, віковими, територіальними, причинними та іншими ознаками.

За результатами аналізу сформульовано визначення терміну «людський фактор» для застосування в сфері охорони праці. Зазначений термін можна інтерпретувати як свідомі чи несвідомі дії або бездіяльність людини (групи людей), що містять в собі ризик виникнення (призвели до виникнення) небезпечної події. Також, за результатами аналізу зроблено висновок, що «людський фактор» за своєю природою і ознаками можна вважати фактором ризику.

З метою розробки принципів та напрямів мінімізації негативних проявів «людського фактора» проаналізовано статистичні дані за період 2007 – 2016 рр. (з метою перевірки адекватності моделей регресії реальним статистичним даним за 2017 рік), щодо кількості та структури професійних небезпек, а також причин їх виникнення. Для урахування нестабільної економічної ситуації в Україні при проведенні аналізу додатково враховувався показник індексу виробництва продукції.

Структурний аналіз причин виникнення професійних небезпек показав, що всі вони мають ознаки проявів «людського фактора», а між зазначеними групами причин існують певні взаємозв'язки.

Для їх об'єктивного з'ясування проведено регресійний аналіз та побудовано математичні моделі, що описують залежність між зміною певної причини (умовно чинником, %) та кінцевим результатом або наслідками (умовно показниками, кількістю випадків професійних небезпек).

Спрощені моделі множинної регресії, що описують залежності показників від найвпливовіших чинників (1) – (3) мають наступний вигляд:

$$\text{КСВ} = 17542,03 * \text{ПТП}, \quad (1)$$

де КСВ –кількість смертельних випадків, ПТП – порушення технологічного процесу.

$$\text{КПЗ} = 93747,98 * \text{ПТП}, \quad (2)$$

де КПЗ - кількість випадків профзахворювань.

$$\text{КНВ} = 263799,54 * \text{ПТП}, \quad (3)$$

де КНВ –кількість нещасних випадків.

Критерій достовірності для моделі (1) – $R^2=0,933$, для моделі (2) – $R^2=0,915$, для моделі (3) – $R^2=0,956$.

Побудова спрощених моделей (1) – (3) показала, що найбільш значущим чинником, який впливає на рівень професійної небезпеки (через зміну показників) є – порушення технологічного процесу. Цей чинник уособлює прояви «людського фактора», оскільки пов'язаний з фактом свідомого чи несвідомого невиконання вимог нормативно-правових документів, що стосуються забезпечення безпеки функціонування систем «людина – машина – середовище».

Прояви «людського фактора» не піддаються об'єктивному прогнозуванню, оскільки їх характер залежить від індивідуальних особливостей людини. Отже, проблематику мінімізації проявів «людського фактора» необхідно розглядати в контексті можливості змін його трьох визначених складових: біологічної, інформаційної та соціальної. Визначені складові тісно пов'язані між собою (в певний ланцюг), відповідно, зміна однієї з ланок веде до певних змін всього ланцюга. Незмінною в цьому ланцюгу, з огляду на морально етичні міркування, є біологічна складова, а саме – генотип людини. Інформаційну та соціальну складові, так чи інакше, можна змінювати, тим самим позитивно змінюючи певні поведінкові

фенотипічні ознаки людини, мінімізуючи при цьому потенційну небезпеку її дій або бездіяльності («людський фактор»).

Результати аналізу статистичних даних та визначених складових «людського фактора» дозволяють зробити висновок, що конкретизацію напрямів мінімізації його проявів доцільно проводити за наступними основними принципами: можливості виконання людиною вимог нормативно-правових документів та підвищення рівня мотивації працівника до їх сумлінного виконання.

Можливість виконання вимог нормативно-правових документів пов'язано з напрямом підвищення їх якості, а підвищення рівня мотивації – з напрямом формування у свідомості людини пріоритетів безпеки та професійного здоров'я відносно до будь-яких результатів виробничої діяльності. Формування останніх відбувається, в першу чергу, у процесі здобуття людиною — майбутнім спеціалістом фахової вищої освіти.

Відповідно до визначених принципів пріоритетними напрямами мінімізації проявів «людського фактора» в контексті позитивних змін інформаційної складової є: розробка і впровадження на державному рівні концепції єдиного електронного реєстру нормативно-правових документів з охорони праці; впровадження на рівні відповідних інституцій єдиної загальнодержавної автоматизованої системи обліку і контролю змін нормативно-правової бази з охорони праці; введення заборони на розробку і впровадження в дію нормативно-правових актів з охорони праці не профільними міністерствами та відомствами. На виконання зазначених напрямів розроблено систему автоматизованого обліку та контролю змін нормативно-правових актів України з охорони праці (свідоцтво про авторське право на твір № 70334).

Пріоритетними напрямами мінімізації проявів «людського фактора» в контексті змін соціальної складової є: обов'язкове впровадження в учбовий процес типових навчальних та робочих програм, з паритетною, у порівнянні зі спеціальними дисциплінами, кількістю годин, на вивчення нормативних дисциплін пов'язаних з охороною праці та безпекою життєдіяльності; перегляд змісту та структури зазначених дисциплін, в бік концепції прогнозування та попередження виникнення професійних небезпек; формування позитивного інформаційного простору, який спрямований на культурне та духовне зростання особистості та суспільства в цілому; поглиблене вивчення та кваліфіковане викладання у дошкільних та шкільних навчальних закладах предмету «Основи безпеки життєдіяльності»; збільшення у вищих навчальних закладах України номенклатури навчальних дисциплін, що пов'язані з менеджментом ризиків виникнення професійних небезпек; державна підтримка та заохочування вищих навчальних закладів щодо відкриття спеціальностей з професійної підготовки фахівців з охорони праці для відповідних галузей народного господарства; включення до складу комісій із співбесід та іспитів з професійного відбору на заміщення будь-яких вакантних посад, а також державних комісій із захисту дипломних проектів

студентів всіх без виключення спеціальностей, фахівців з охорони праці; загальна агітація та популяризація охорони праці та безпеки життєдіяльності як в організаціях, підприємствах та установах незалежно від форм власності, так і серед населення; впровадження на всіх етапах підготовки фахівців принципів пріоритетності та виключності питань охорони праці та промислової безпеки.

В четвертому розділі розроблено математичні моделі планування управління професійними ризиками для визначення залежностей між рівнем професійного ризику та обсягом ресурсів, які необхідно виділити на заходи з охорони праці в межах конкретного підприємства.

Відповідно до виконання циклу Демінга, процедура планування управління ризиками повинна передбачати визначення витрат на охорону праці, що необхідні для досягнення та підтримання прийнятного рівня безпеки працівника. До них відносяться витрати на впровадження та функціонування організаційно-технічних попереджувальних заходів та засобів безпеки. В рамках зазначених витрат суб'єктом господарювання передбачаються ресурси (H_1, H_2, \dots, H_n) на:

- мінімізацію (усунення) негативного впливу n видів шкідливих виробничих факторів (ШВФ);
- ліквідацію наслідків реалізації ризику у професійну небезпеку.

Сумарні витрати за цими двома групами можна вважати витратами суб'єкта господарювання на охорону праці.

До окремої групи групи можна віднести витрати на компенсацію шкоди здоров'ю, що обумовлені неможливістю повного усунення негативного впливу на працівника i -го ШВФ. Для кожного i -го фактору зазначені витрати є нормованими. Це означає, що в рамках даної процедури необхідно встановити залежність між витратами та рівнем прийнятного ризику. При цьому рівень безпеки працівника протягом робочої зміни може бути кількісно охарактеризований, як ймовірність не настання жодної ризикової події за всіма потенційно можливими негативними факторами.

Ймовірність не настання ризикової події з n номенклатури негативних факторів визначається наступною залежністю:

$$P(\vec{H}) = \prod_{i=1}^n F_i(k_i / T), \quad (4)$$

де $F_i(y)$ – функція розподілу випадкової величини α_i – інтенсивності негативного впливу i -го фактору на працівника, k_i – величина гранично-допустимої концентрації або гранично-допустимого рівня за i -тим фактором (визначається відповідно до діючих державних стандартів), T – час, протягом якого на працівника чинить негативний вплив i -й фактор з випадковою інтенсивністю α_i .

Процедура планування управління професійними ризиками може бути представлена, як задача максимізації функції (4) за обмеженням (5):

$$\sum_{i=1}^n [H_i + p_i g_i (h_i + H_i)^{-j_i}] \leq \Phi, \quad (5)$$

де p_i – вартість ліквідації одиниці наслідків, g_i, j_i – дані, які визначаються шляхом обробки статистичних даних щодо фактичних перевищень ГДК (ГДР) при відповідних витратах, що виділені на захисні заходи, h_i – витрати на компенсацію шкоди здоров'ю, що обумовлені неможливістю повного усунення негативного впливу на працівника i -го фактора (для кожного i -го фактора h_i нормовані), H_i – ресурси на мінімізацію (усунення) негативного впливу i -го виду негативних факторів, Φ – величина розміру фінансових ресурсів суб'єкта господарювання на охорону праці працівника протягом періоду часу T .

Така постановка задачі є прямою.

Можливо також сформулювати й зворотну задачу, а саме: знайти вектор, що мінімізує функцію (6) за обмеженням на ймовірність (4):

$$\bar{B}(\vec{H}) = \sum_{i=1}^n [H_i + p_i g_i (h_i + H_i)^{-j_i}], \quad (6)$$

де $\vec{H} = (H_1, \dots, H_n)$.

Таким чином зворотна задача приймає наступний вигляд – знайти параметри H_i , що мінімізують функцію (6) за умовою:

$$1 - \prod_{i=1}^n F_i(k_i / T) \leq r, \quad (7)$$

де r – прийнятний рівень професійного ризику.

Доведено, що зазначені задачі оптимізації відносяться до області опуклого програмування.

Результати рішення задачі мінімізації функції (6) за умови (7) для різних значень r та двох шкідливих виробничих факторів (підвищена температура повітря робочої зони та підвищений рівень загазованості повітря робочої зони) наведено у табл.1. Розрахунки виконувались за допомогою пакету програм Microsoft Excel (опція «Пошук рішення»). Зазначені фактори були взяті як приклад для апробації можливості використання розроблених моделей на практиці. Також,

за приклад прийнято, що інтенсивності впливу шкідливих виробничих факторів мають рівномірний розподіл ймовірностей.

Для розрахунку моделей були використані статистичні данні за останні п'ять років промислового підприємства ПАТ ВО «Стальканат - Сілур», в рамках якого проходили апробацію результати дисертаційних досліджень.

Таблиця 1

Результати розрахунків за оптимізаційною моделлю

№ п/п	H_1 , тис.грн./рік	H_2 , тис.грн./рік	$\min \bar{B}(H_1, H_2)$, тис. грн./рік	r
1	314,246	166,240	493,743	0,01
2	296,243	157,638	467,637	0,02
3	279,582	149,638	443,484	0,03
4	264,133	142,183	421,095	0,04
5	249,781	135,226	400,311	0,05
6	191,342	106,534	315,937	0,1

Наведена модель планування управління професійними ризиками для інших законів розподілу випадкових величин α_i також має достатньо простий вигляд. Наприклад, для експоненційного закону розподілу обмеження (7) приймає наступний вигляд:

$$\prod_{i=1}^n \left(1 - e^{-k_i / T \lambda_i} \right) \geq 1 - r. \quad (8)$$

Розроблені моделі оптимізації (4) – (8) апробовано в реальних умовах ПАТ ВО «Стальканат - Сілур» (м. Одеса) та у роботі Фонду соціального страхування України.

У п'ятому розділі вперше розроблено стохастичні моделі оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек для систем «людина – машина – середовище» із застосуванням спеціального підкласу випадкових процесів – марковських процесів зі знесенням. Необхідність застосування зазначеного підкласу випадкових процесів пояснюється гібридним (тобто дискретним та безперервним) характером негативного впливу на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище».

Для формалізованого опису дослідного гібридного процесу введено до розгляду наступні позначення:

- $\alpha(t)$ – змінна, що описує стан зайнятості працівника протягом робочої зміни ($\alpha(t) = 1$) та у неробочий час ($\alpha(t) = 0$) в момент t ;

- $\gamma(t)$ – змінна, що описує стан працездатності виробничого обладнання та працівника. $\gamma(t) = 0$, якщо виробниче обладнання в момент t є справним, а працівник не травмований, $\gamma(t) = 1$ якщо в момент часу t виробниче обладнання є непрацездатним, а працівник не травмований; $\gamma(t) = 2$, у разі відмови обладнання, що призвела до травмування працівника;

- $\xi(t)$ – рівень накопичування негативного впливу від дії шкідливого виробничого фактору в організмі працівника в момент часу t .

Тобто, завдання складається з того, щоб знайти розподіл випадкового вектору $(\xi(t), \alpha(t), \gamma(t))$.

Цей процес не є марковським при довільних функціях розподілу $A_i(t)$, $i = 0, 1$. Однак, якщо ввести додаткову безперервну компоненту $\eta(t)$ – час, що залишився від моменту t , до зміни стану альтернуючого процесу, що описує зміну робочого та неробочого часу працівника, то процес стає марковським.

$$\Xi(t) = (\xi(t), \alpha(t), \gamma(t), \eta(t)). \quad (9)$$

Характеристика станів процесу (9) наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика станів марковського процесу зі знесенням для системи «людина - машина - середовище»

$\alpha(t)$	$\gamma(t)$	Інтенсивність накопичування негативного впливу дії шкідливого виробничого фактору в організмі працівника	Інтенсивність виведення наслідків негативного впливу дії шкідливого виробничого фактору з організму працівника	Стани марковського процесу при ненульовому значенні параметру $\xi(t)$
1	2	3	4	5
0	0	0	U	1
1	0	W	U	2
0	1	0	U	3
1	1	0	U	4
1	2	0	U_1	5

Примітка. Стан 1 – працівник у момент часу t знаходиться поза межами робочого місця (робоча зміна завершена), обладнання справне та відключене. Накопичування негативного впливу від дії факторів не відбувається ($W = 0$), однак наслідки негативного впливу виводяться з організму працівника із інтенсивністю

U. Стан 2 – працівник у момент часу t знаходиться на робочому місці (час робочої зміни), не травмований, обладнання справне та працює. Накопичування негативного впливу відбувається з інтенсивністю W , а виведення наслідків впливу, із інтенсивністю U . Стан 3 – працівник у момент часу t знаходиться поза межами робочого місця (робоча зміна закінчена), відбулася відмова обладнання 1 типу. Обладнання знаходиться у стані відновлення, накопичування негативного впливу в організмі не відбувається, наслідки накопичування впливу виводяться з організму з інтенсивністю U . Стан 4 – працівник знаходиться на робочому місці (час робочої зміни), відбулася відмова обладнання 1 типу. Обладнання знаходиться у стані відновлення, накопичування негативного впливу в організмі не відбувається, наслідки накопичування впливу виводяться з організму з інтенсивністю U . Стан 5 – працівник у момент часу t отримав виробничу травму в результаті відмови обладнання 2 типу, обладнання знаходиться у стані відновлення. Негативні наслідки накопичувального впливу дії шкідливих факторів (факторів трудового процесу) виводяться з інтенсивністю U_1 .

Введемо наступні щільності ймовірності для процесу (9):

$$\begin{aligned}
 & P\{\alpha(t) = i, \gamma(t) = k, \tau < \eta(t) < \tau + d\tau, x < \xi(t) < x + dx\} = \\
 & = q_{ik}(x, \tau, t)(1 - A_i(\tau))d\tau dx, i = 0, 1; k = 0, 1, 2; x > 0, \tau > 0, \\
 & P\{\alpha(t) = 0, \gamma(t) = k, \tau < \eta(t) < \tau + d\tau, \xi(t) = 0\} = \\
 & = q_{0k}^-(\tau, t)(1 - A_0(\tau))d\tau, \tau > 0, k = 0, 1, 2; \\
 & P\{\alpha(t) = 1, \gamma(t) = k, \tau < \eta(t) < \tau + d\tau, \xi(t) = 0\} = \\
 & = q_{1k}^-(\tau, t)(1 - A_i(\tau))d\tau, k = 1, 2; \tau > 0,
 \end{aligned} \tag{10}$$

де τ – час, що пройшов з моменту початку робочої зміни (з початку не робочого періоду) до моменту t ; x – кількість шкідливих речовин в організмі працівника в момент часу t ; q – щільність ймовірності сумісного розподілу кількості шкідливих речовин та часу, що залишився до зміни альтернуючого процесу; i та k - дискретні змінні, що описують значення змінних α та γ відповідно, в момент часу t .

Для знаходження граничного (при $t \rightarrow \infty$) розподілу ймовірностей випадкового процесу виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» виведено наступну систему диференціальних рівнянь в частинних похідних і відповідних граничних умовах відносно щільностей ймовірності $q_{ik}(x, \tau), q_{ik}^-(\tau)$ процесу (9):

$$\begin{aligned} (-U \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{00}(x, \tau) &= -\lambda_0 q_{00}(x, \tau) + \mu_{01} q_{01}(x, \tau) + \mu_{02} q_{02}(x, \tau), \\ (-U \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{01}(x, \tau) &= -\mu_{01} q_{01}(x, \tau) + \lambda_{01} q_{00}(x, \tau), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} (-U_1 \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{02}(x, \tau) &= -\mu_{02} q_{02}(x, \tau) + \lambda_{02} q_{02}(x, \tau), x > 0, \tau > 0, \\ (V \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{10}(x, \tau) &= -\lambda_1 q_{10}(x, \tau) + \mu_{11} q_{11}(x, \tau) + \mu_{12} q_{12}(x, \tau), \\ (-U \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{11}(x, \tau) &= -\mu_{11} q_{11}(x, \tau) + \lambda_{11} q_{10}(x, \tau), \end{aligned} \quad (12)$$

$$(-U_1 \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial \tau})q_{12}(x, \tau) = -\mu_{12} q_{12}(x, \tau) + \lambda_{12} q_{10}(x, \tau), \quad x > 0, \tau > 0,$$

де U та U_1 – інтенсивності виведення наслідків негативного впливу дії шкідливого виробничого фактору з організму нетравмованого та травмованого працівника відповідно; $V = W - U$ – інтенсивність накопичування негативного впливу в організмі працівника дії шкідливих факторів; W – інтенсивність накопичування негативного впливу дії шкідливого виробничого фактору в організмі працівника; λ_{ik} – інтенсивність потоку відмов обладнання k -го виду в i -му періоді; μ_{ik} – інтенсивності потоку відновлення працівника після відмови обладнання k -го виду в i -му періоді, $i = 0, 1$; $k = 1, 2$.

Рівняння (11) відповідають неробочому, а рівняння (12) робочому періодам часу.

Граничні умови для системи (11), (12) мають вигляд:

а) умови для неробочого періоду часу

$$\frac{d}{d\tau} q_{00}^-(\tau) - U q_{00}^-(0, \tau) = -\lambda_0 q_{00}^-(\tau) + \mu_{01} q_{01}^-(\tau), \quad (13)$$

$$\frac{d}{d\tau} q_{01}^-(\tau) - U q_{01}^-(0, \tau) = \lambda_0 q_{00}^-(\tau) - \mu_{01} q_{01}^-(\tau), \quad (14)$$

$$\frac{d}{d\tau} q_{02}^-(\tau) - U_1 q_{02}^-(0, \tau) = \lambda_{02} q_{00}^-(\tau) - \mu_{02} q_{02}^-(\tau); \quad (15)$$

б) умови для робочого періоду часу

$$\frac{d}{d\tau} q_{11}^-(\tau) - U q_{11}^-(0, \tau) = -\mu_{11} q_{11}^-(\tau), \tau > 0, \quad (16)$$

$$\frac{d}{d\tau} q_{12}^-(\tau) - U_1 q_{12}^-(0, \tau) = -\mu_{12} q_{12}^-(\tau), \tau > 0; \quad (17)$$

в) умови, які описують зміну робочого та неробочого періодів часу

$$q_{00}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{10}(x,\tau) dA_1(\tau), q_{01}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{11}(x,\tau) dA_1(\tau), \quad (18)$$

$$q_{02}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{12}(x,\tau) dA_1(\tau), q_{10}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{00}(x,\tau) dA_0(\tau), \quad (19)$$

$$q_{11}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{01}(x,\tau) dA_0(\tau), q_{12}(x,0) = \int_0^{\infty} q_{02}(x,\tau) dA_0(\tau); \quad (20)$$

$$q_{01}^-(0) = \int_0^{\infty} q_{11}^-(\tau) dA_1(\tau), q_{11}^-(0) = \int_0^{\infty} q_{01}^-(\tau) dA_0(\tau), \quad (21)$$

$$q_{12}^-(0) = \int_0^{\infty} q_{02}^-(\tau) dA_1(\tau), q_{02}^-(0) = \int_0^{\infty} q_{12}^-(\tau) dA_1(\tau), q_{00}^-(0) = 0; \quad (22)$$

г) умова, що описує перехід зі стану, коли рівень негативного впливу дії шкідливого виробничого фактора в організмі працівника дорівнює нулю, до стану, коли цей рівень починає зростати

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} q_{10}(0,\tau)(1-A_1(\tau)) d\tau &= \mu_{11} \int_0^{\infty} q_{11}^-(\tau)(1-A_1(\tau)) d\tau + \\ &+ \mu_{12} \int_0^{\infty} q_{12}^-(\tau)(1-A_1(\tau)) d\tau + \int_0^{\infty} q_{00}^-(\tau) dA_0(\tau); \end{aligned} \quad (23)$$

д) умова нормування

$$\begin{aligned} &\int_0^{\infty} [(q_{00}^-(\tau) + q_{01}^-(\tau))(1-A_0(\tau)) + (q_{11}^-(\tau) + q_{12}^-(\tau))(1-A_1(\tau))] d\tau + \\ &+ \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [(q_{00}(x,\tau) + q_{01}(x,\tau) + q_{02}(x,\tau))(1-A_0(\tau)) + \\ &+ (q_{10}(x,\tau) + q_{11}(x,\tau) + q_{12}(x,\tau))(1-A_1(\tau))] dx d\tau = 1. \end{aligned} \quad (24)$$

Практична реалізація процесу оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек для отримання необхідних кількісних результатів може бути здійснена

шляхом чисельного рішення граничної задачі для системи диференціальних рівнянь (11) – (24) та відповідних граничних умов за допомогою спеціальних пакетів комп'ютерних програм, наприклад Matlab. Вирішення системи (11) – (24) дозволяє визначити наступні показники для оцінювання ризику виникнення професійних небезпек:

- ймовірність перевищення рівня накопичування негативного впливу дії шкідливого фактору встановленого гігієнічного нормативу (σ)

$$\int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [(q_{00}(x, \tau) + q_{01}(x, \tau) + q_{02}(x, \tau))(1 - A_0(\tau)) + (q_{10}(x, \tau) + q_{11}(x, \tau) + q_{12}(x, \tau))(1 - A_1(\tau))] dx d\tau; \quad (25)$$

де τ – час, що пройшов з моменту початку робочої зміни (з початку не робочого періоду) до моменту t ; x – кількість шкідливих речовин в організмі працівника в момент часу t ; $q_{ik}(x, \tau)$ – щільність ймовірності сумісного розподілу кількості шкідливих речовин та часу, що залишився до зміни стану альтернуючого процесу ($i=0,1$);

- ймовірність того, що у випадковий період часу наслідки негативного впливу шкідливого виробничого фактору в організмі працівника відсутні

$$\int_0^{\infty} (q_{00}^-(\tau) + q_{01}^-(\tau))(1 - A_0(\tau)) d\tau + \int_0^{\infty} (q_{11}^-(\tau) + q_{12}^-(\tau))(1 - A_1(\tau)) d\tau; \quad (26)$$

- ймовірність отримання виробничої травми працівником у випадковий період часу

$$\int_0^{\infty} q_{12}^-(\tau)(1 - A_1(\tau)) d\tau + \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} [q_{02}(x, \tau)(1 - A_0(\tau)) + q_{12}(x, \tau)(1 - A_1(\tau))] dx d\tau; \quad (27)$$

- середній рівень накопичення негативного впливу в організмі працівника дії шкідливого виробничого фактору у довільний момент часу

$$\mathbf{M}\xi = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} x [(q_{00}(x, \tau) + q_{01}(x, \tau) + q_{02}(x, \tau))(1 - A_0(\tau)) + (q_{10}(x, \tau) + q_{11}(x, \tau) + q_{12}(x, \tau))(1 - A_1(\tau))] dx d\tau. \quad (28)$$

Зазначені показники можуть бути використані, також, як критерії, за умови

впровадження зазначеного підходу оцінювання ризиків на державному рівні. В такому разі необхідно запроваджувати критерії ризику за галузевим спрямуванням, спираючись на відповідні показники кращих галузевих підприємств.

Знайдено рішення граничної задачі для системи диференціальних рівнянь у термінах перетворення Лапласа для випадку ерлангівського розподілу робочих та неробочих періодів часу. Отримане рішення дозволяє знайти моменти ймовірнісного розподілу рівня накопичування негативного впливу дії шкідливих виробничих факторів в організмі працівника. Це дає можливість за допомогою нерівності Чебишева надати нижню оцінку ймовірності перевищення рівня зазначеного негативного впливу гранично-допустимих (нормованих) значень:

$$F(\sigma) \geq \frac{(M_1 - \sigma)^2}{(M_1 - \sigma)^2 + M_2 - M_1^2}, \quad (29)$$

де M_1 та M_2 – моменти ймовірнісного розподілу, тобто

$$M_l = \int_0^{\infty} x^l q(x) dx, l = 1, 2,$$

$$q(x) = \sum_{j=0}^{r-1} (q_{0j0}(x) + q_{0j1}(x) + q_{1j0}(x) + q_{1j1}(x)) dx, x > 0.$$

У шостому розділі розроблено та обґрунтовано принципи (відповідно до виконання циклу Шухарта - Демінга) автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек, які полягають у здійсненні постійного моніторингу та оперативного корегування параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище».

З метою практичної реалізації розроблених принципів запропоновано до застосування систему автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек та її наступні складові, а саме автоматизовані системи: контролю безпеки виробництв; контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища; контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища; захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньоцехового транспорту; контролю і управління організацією робочого місця.

Система автоматизованого комплексного захисту від професійних небезпек включає поєднані між собою: персональний комп'ютер працівника, встановлений на робочому місці в адміністративній будівлі підприємства; датчик положення тіла працівника; масажні пристрої, вмонтовані в робоче крісло працівника групи

адміністративного персоналу; датчики температури, відносної вологості повітря, швидкості руху повітря, рівня освітленості поверхні робочої зони, рівня виробничого шуму, аналізатори шкідливих речовин в повітрі робочої зони; лазерні випромінювачі встановлені в небезпечних зонах виробничого обладнання; датчики деформації несучих конструкцій будівель та споруд, а також деформації вібронавантажених вузлів технологічного обладнання; електронний термінал, встановлений на прохідній підприємства; електронні термінали, встановлені на робочих місцях; камери відеоспостереження за технологічним процесом; датчики GPS, встановлені на внутрішньоцеховому транспорті підприємства; нормуючі перетворювачі; керуючий мікропроцесорний пристрій; персональний комп'ютер чергового оператора служби охорони праці; підсилювачі сигналу; світлозвукові сигнальні пристрої; пристрої блокування виробничого обладнання та внутрішньоцехового транспорту; гучномовець, розташований у виробничому приміщенні; кондиціонер; зволожувач-осушувач повітря; освітлювальні прилади; фільтри та заслінки фільтровентиляційної системи; піропатрони; контейнер з електричним запірним пристроєм тощо.

Кількість комп'ютерів робітників, робочих крісел, датчиків контролю, лазерних випромінювачів, виконуючих пристроїв, камер відеоспостереження, датчиків GPS, терміналів, встановлених на робочих місцях може змінюватись (збільшуватись/зменшуватись) в залежності від кількості робочих місць, а також небезпечних зон, які потребують контролю.

Зазначена система автоматизованого комплексного захисту від професійних небезпек спрямована на вирішення наступних завдань:

1. Оперативний збір даних щодо динаміки змін параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище» для підвищення об'єктивності результатів процедури загального оцінювання ризиків, зокрема результатів процедур планування та корегування (згідно циклу Демінга), а також ефективності проведення медичних оглядів працівників та розробки лікувально-профілактичних заходів.

2. Підтримку необхідних керованих параметрів (W) у визначених за результатами проведення процедури оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек межах.

3. Мінімізацію негативних проявів «людського» та певних зовнішніх факторів (контроль стану несучих конструкцій будівель та споруд).

4. Попередження небезпек, що пов'язані зі взаємодією небезпечних і шкідливих виробничих факторів між собою. Це досягається шляхом відстеження розробленою системою та мінімізації одразу усієї номенклатури та взаємозв'язків потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Як відомо, взаємодія факторів між собою значно підсилює ступінь реалізації професійних небезпек та призводить до виникнення надзвичайних ситуацій. Це відбувається за рахунок

підсилення дії певних факторів у присутності інших та утворення неконтрольованої ланцюгової реакції з негативними наслідками. Зазначені фактори характеризуються випадковістю виникнення у часі, а також утворенням великої кількості комбінацій між собою та відповідно негативних впливів. Спрогнозувати такі комбінації та впливи існуючими заходами і засобами неможливо. Таким чином, вони можуть бути усунуті лише в рамках функціонування розробленої системи автоматизованого комплексного захисту.

Треба зазначити, що окремі складові системи, без певного поєднання між собою, не можуть забезпечити необхідні, для досягнення комплексного стану професійної безпеки властивості, що притаманні розробленій системі. Відомі системи лише спроможні зменшувати (усувати) небезпеки від окремих небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а не їх комбінацій. На даний момент, існування систем з подібними властивостями не відомо, що робить її унікальною.

5. Забезпечення оперативного захисту працівників від дії такого небезпечного фактора, як частини виробничого обладнання або матеріалів, що розлітаються. Існування систем, що володіють подібними властивостями на даний момент також не відомо.

6. Підвищення рівня захисту працівників в умовах дії надзвичайної ситуації. За рахунок поєднання складових елементів, система оперативно, у разі виникнення надзвичайної ситуації, повідомляє працівника про її виникнення та одразу надає йому доступ до засобів індивідуального захисту, що підібрані для кожного робочого місця з урахуванням антропометричних даних працівників.

7. Збір та обробку в режимі постійного моніторингу даних щодо перевищення за кожним шкідливим виробничим фактором гранично-допустимих концентрацій (рівнів). Зазначена властивість можлива за рахунок особливого поєднання між собою складових елементів системи.

8. Зменшення кількості випадків виробничого травматизму та професійних захворювань за організаційними, психофізіологічними та технічними причинами, за рахунок постійного моніторингу за джерелами виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на підприємстві.

9. Удосконалення процесу контролю за навчанням та підготовкою працівників з питань охорони праці та промислової безпеки.

10. Удосконалення процесу атестації робочих місць та зменшення витрат підприємства на його проведення.

11. Ведення оперативного відеоспостереження за робочими місцями з небезпечними та шкідливими умовами праці, а також за тими, режими і результати роботи на яких залежать від впливу факторів стохастичної природи («людського», зовнішніх факторів тощо).

12. Управління встановленими на підприємстві раціональними режимами праці та відпочинку.

13. Підвищення економічної ефективності діяльності підприємств за

рахунок збільшення рівня продуктивності праці, зменшення кількості виплат за соціально-страховими випадками.

14. Підвищення рівня безпеки руху та експлуатації внутрішньоцехового транспорту.

15. Удосконалення системи обліку та порядку розслідування нещасних випадків на виробництві тощо.

За результатами розробки системи автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек отримано шість патентів України (патент на винахід № 115808, патент № 107315, патент № 93386, патент № 97894, патент № 116307, патент № 125381) та позитивне рішення про видачу патенту на винахід № 22391/ЗА/18.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, що є завершеною науковою працею, вирішена актуальна наукова проблема, яка полягає у розробці науково-обґрунтованого комплексного теоретико-методологічного інструментарію для планування оптимального управління ризиками в сфері охорони праці і знаходження ймовірності виникнення професійних небезпек та принципів автоматизованого комплексного захисту працюючих від негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище» для забезпечення системного підходу управління ризиками виникнення професійних небезпек в системах управління охороною праці підприємств, установ та організацій.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Проведено аналіз настановних нормативно-правових документів з управління ризиками в сфері охорони праці та наукових досліджень з відповідної проблематики та встановлено, що:

- процес управління ризиками в сфері охорони праці складається з трьох необхідних послідовних та циклічних процедур – планування управління ризиками, оцінювання ризиків та мінімізації небезпек;

- об'єктивне проведення процесу управління ризиками в рамках функціонування сучасних систем управління охороною праці є неможливим з огляду на відсутність методологічного забезпечення процедур планування управління ризиками та мінімізації небезпек, а також формальний характер наявного методологічного забезпечення процедури оцінювання ризиків;

- формальний характер методологічного забезпечення процедури оцінювання ризиків визначається значною кількістю запропонованих методів, серед яких виконавцю необхідно обирати (за невизначеними критеріями) потрібні; необхідністю комбінування декількох обраних методів; непристосованістю

запропонованих методів до використання у сфері охорони праці за рахунок відсутності об'єктивних методологічних підходів до прогнозування можливих наслідків випадкового гібридного негативного впливу на працівника небезпечних та шкідливих виробничих факторів в межах функціонування систем «людина – машина – середовище»;

- існуючи проблеми управління ризиками в сфері охорони праці можливо вирішити в рамках системного підходу шляхом розробки наукових основ управління ризиками виникнення професійних небезпек.

2. В рамках удосконалення концептуальних основ управління ризиками встановлено, що:

- в сфері охорони праці коректним та обґрунтованим є застосування терміну «ризик виникнення професійних небезпек», як такий, що комплексно відповідає цілям та завданням управління зазначеним явищем;

- існування ризику можливо за наявності трьох необхідних умов: факторів невизначеності (стохастичної, нестохастичної природи), об'єкту, котрому може бути заподіяно шкоду та об'єкту, який цю шкоду спричиняє;

- виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» також можливо за наявності трьох необхідних умов: факторів ризику, об'єкту ризику та об'єкту небезпеки. Ймовірність виникнення професійних небезпек залежить від кількості факторів ризику, а також від їх природи (стохастичної або нестохастичної). Мінімізувати виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» можливо за рахунок усунення факторів ризику;

- причина конкретного ризику виникнення небезпеки завжди пов'язана з необхідними умовами його існування та відповідною небезпекою, а фактори ризику це певні ланки, які сприяють реалізації ризику у конкретну небезпеку під час взаємодії об'єкту ризику з об'єктом небезпеки, не будучи при цьому його безпосередньою причиною;

- найбільш об'єктивною теоретичною основою для знаходження ймовірностей виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище» з відомої множини методологічного інструментарію оцінювання ризиків в сфері охорони праці є теорія марковських процесів.

3. Встановлено, що найбільш впливовим фактором ризику в системах «людина – машина – середовище» є «людський фактор». Визначений характер взаємозв'язків між «людським фактором» та основними професійними небезпеками дозволив встановити принципи мінімізації його негативних проявів, які полягають у забезпеченні можливості виконання вимог нормативно-правових документів з охорони праці працівником та підвищення рівня його мотивації щодо їх виконання, шляхом позитивних змін інформаційної та соціальної складових «людського фактора». На виконання встановлених принципів запропоновано до застосування систему автоматизованого обліку та контролю змін нормативно-

правових актів України з охорони праці (свідоцтво про авторське право на твір № 70334).

4. Розроблено математичні моделі планування управління професійними ризиками з урахуванням випадкового характеру негативного впливу шкідливих виробничих факторів на працівника у часі для систем управління охороною праці та систем соціального страхування. Встановлено математичну залежність між витратами і ресурсами на охорону праці та рівнем професійного ризику, що дозволяє здійснювати оптимальний розподіл ресурсів між визначеною номенклатурою ідентифікованих факторів.

5. Вперше розроблено та обґрунтовано стохастичні моделі оцінювання ризиків виникнення професійних небезпек на основі спеціального підкласу марковських процесів – марковських процесів зі знесенням для можливості моделювання гібридного характеру впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працівника, що відбувається в рамках функціонування реальних систем «людина – машина – середовище». Виведено систему диференціальних рівнянь та граничних умов для знаходження граничного розподілу ймовірностей випадкового процесу виникнення професійних небезпек в системах «людина – машина – середовище». За результатами вирішення граничної задачі отримано вирази для визначення низки основних показників, за якими можна оцінити рівень ризику виникнення професійних небезпек для систем «людина – машина – середовище».

Знайдено рішення граничної задачі для системи диференціальних рівнянь у термінах перетворення Лапласа для випадку ерлангівського розподілу робочих та неробочих періодів часу.

6. Розроблено принципи автоматизованого комплексного захисту працюючих від професійних небезпек, які полягають у здійсненні постійного моніторингу і оперативного корегування параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище» та запропоновано для застосування в системах управління охороною праці підприємств установ та організацій наступні автоматизовані системи:

- комплексного захисту від професійних небезпек (позитивне рішення про видачу патенту на винахід № 22391/ЗА/18);

- контролю безпеки виробництв (патент на винахід № 115808, патент № 107315);

- контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (патент № 93386);

- контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища (патент № 97894);

- захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньоцехового транспорту (патент № 116307);

- контролю і управління організацією робочого місця (патент № 125381).

Наукові положення та результати опубліковано в наступних роботах:

Монографії:

1. Бочковський А.П. «Людський фактор» та ризик виникнення небезпек: випадковість чи закономірність: монографія [Текст] / А.П. Бочковський. – О. : Юридична література, 2015. – 132 с.

Публікації у фахових виданнях:

2. Нетребський О.А. Актуалізація «людського фактора» у сталому розвитку людства [Текст] / О.А. Нетребський, А.П. Бочковський // Харчова наука і технології. – 2012. – №4(21). – С. 100–103.

3. Нетребський О.А. Теоретичні та практичні аспекти оцінювання ризику виникнення небезпек [Текст] / О.А. Нетребський, А.П. Бочковський // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 6(171). – С. 67–73.

4. Бочковський А.П. Теоретичні аспекти методології аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів [Текст] / А.П. Бочковський // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2014. – № 46. – Вип. 1. – Т.1. – С. 285–291.

5. Бочковський А.П. Пріоритетні напрямки удосконалення системи управління охороною праці на підприємствах [Текст] / А.П. Бочковський // Зернові продукти і комбікорми. – 2014. – № 2(54). – С. 11–16.

6. Бочковський А.П. «Людський фактор» та професійний ризик: випадковість чи закономірність [Текст] / А.П. Бочковський // Зернові продукти і комбікорми. – 2014. – № 4(56). – С. 7–13.

7. Бочковський А.П. Онтологічні та гносеологічні аспекти ризику виникнення небезпек [Текст] / А.П. Бочковський // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2015. – №11. – С. 137–143.

8. Бочковський А. П. Теоретичні аспекти критеріальної оцінки потенціалу ефективності системи управління охороною праці [Текст] / А.П. Бочковський // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2015. – № 12. – С. 163–170.

9. Бочковський А.П. Невизначеність стану ергатичних систем: фактори, причини та шляхи мінімізації [Текст] / А.П. Бочковський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2016. – № 2(14). – С. 114–121.

10. Бочковський А.П. Теоретичні аспекти універсалізації оцінки професійного ризику в системах управління охороною праці [Текст] / А.П. Бочковський // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2016. – № 14. – С. 134–151.

11. Bochkovsky A.P. Labour protection and industrial safety in Ukraine: problems of transition period and perspective ways of development [Text] / A.P. Bochkovsky, N.Yu. Sapozhnikova, V.D. Gogunskii // Zernovi produkti i kombikormi. – 2016. – № 4(64). – P. 42–50 (Наукометрична база Index Copernicus).

12. Gogunskii V.D. Developing a system for the initiation of projects using a Markov chain [Text] / V.D. Gogunskii, A.P. Bochkovskii, O. Kolesnikov, S. Babiuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 1/3(85). – P. 25–32 (Наукометрична база Scopus).

13. Bochkovskiy A. P. Legal and organizational issues of improving the labor protection and industrial safety level at Ukrainian enterprises [Text] / A.P. Bochkovskiy, N.Yu. Sapozhnikova, V.D. Gogunskii // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2017. – Vol. 5 (161). – P. 100–108 (Наукометрична база Scopus).

14. Бочковський А.П. Концептуальні аспекти безпеки технічних систем [Текст] / А.П. Бочковський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2017. – № 1(15). – С. 105–112.

15. Бочковський А.П. Формалізація системи автоматизованого контролю і підвищення безпеки виробництв [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2017. – №15. – С. 114–123.

16. Бочковський А.П. Науково – практичні аспекти мінімізації ризиків виникнення професійних небезпек [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2017. – № 2(16). – С. 92–101.

17. Бочковський А.П. Підвищення ефективності функціонування системи управління охороною праці методами статистичного аналізу [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2017. – №16. – С. 84–99.

18. Bochkovskiy A.P. Improving methodology of risk identification of occupational dangerous [Text] / A.P. Bochkovskiy, N.Yu. Sapozhnikova // Zernovi produkti i kombikormi. – 2018. – № 1(69). – P. 4–8 (Наукометрична база Index Copernicus).

19. Бочковський А.П. Оптимізація керування професійними ризиками [Текст] / А.П. Бочковський // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2018. – №17. – С. 32–40.

20. Бочковський А.П. Розробка автоматизованої системи мінімізації професійних ризиків [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2018. – № 1(17). – С. 57–65.

21. Bochkovskii A.P. Development of the method for the optimal management of occupational risks [Text] / A.P. Bochkovskii, V.D. Gogunskii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – №3/3(93). – P. 6–13 (Наукометрична база Scopus).

22. Bochkovskiy A.P. The theory and practice of risk assessment of professional dangers [Text] / A.P. Bochkovskiy, N.Yu. Sapozhnikova // Zernovi produkti i kombikormi. – 2018. – № 2(70). – P. 4–11 (Наукометрична база Index Copernicus).

23. Bochkovskiy A.P. Modern issues of labor safety development and promising ways of their solution dangers [Text] / A.P. Bochkovskiy // *Zernovi produkti i kombikormi*. – 2018. – № 3(71). – P. 4–10 (Наукометрична база Index Copernicus).

Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір:

24. Система автоматизованого обліку та контролю змін нормативно-правової бази України з охорони праці. Свід. про реєстр. автор. права на твір [Текст] / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. Сапожнікова – № 70334; зареєстровано 07.02.17 р.

Патенти на винаходи:

25. Пат. 115808 України, МПК (2017.01) G06F 17/00, G08B 23/00, G08B 29/00. Система автоматизованого контролю безпеки виробництв / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. № a201512509; заявл. 17.12.15; опубл. 26.12.17, Бюл. № 24. 5 с.

26. Позитивне рішення про видачу пат. на винахід від 17.09.2018 № 22391/ЗА/18. МПК (2018.01), G08B 25/14 (2006/01). Система автоматизованого комплексного захисту від професійних небезпек / Бочковський А.П. ; заявник і патентовласник Бочковський А.П. ; № a201804982; заявл. 07.05.18.

Патенти на корисну модель:

27. Пат. 93386 України, МПК G06F 3/048 (2013.01). Система автоматизованого контролю і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. № u201404924; заявл. 08.05.14; опубл. 25.09.14, Бюл. № 18. 5 с.

28. Пат. 97894 України, МПК G06F 3/048 (2013.01). Система автоматизованого контролю за умовами праці на робочих місцях і управління санітарно-гігієнічними параметрами виробничого середовища / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. № u201411307; заявл. 16.10.14; опубл. 10.04.15, Бюл. № 7. 7 с.

29. Пат. 107315 України, МПК G06F 17/00, G08B 23/00. Система автоматизованого контролю безпеки виробництв / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. № u201513055; заявл. 29.12.15; опубл. 25.05.16, Бюл. № 10. 2 с.

30. Пат. 116307 України, МПК (2017.01) G06F 17/00, G08B 23/00. Система автоматизованого захисту небезпечних зон виробництва та безпеки руху внутрішньоцехового транспорту / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. № u201612977; заявл. 19.12.16; опубл. 10.05.17, Бюл. № 9. 5 с.

31. Пат. 125381 України, МПК G06Q 10/06 (2012.01). Система автоматизованого контролю і управління організацією робочого місця / Бочковський А.П., Сапожнікова Н.Ю. ; заявники і патентовласники Бочковський

А.П., Сапожнікова Н.Ю. № u201711561; заявл. 27.11.17; опубл. 10.05.18, Бюл. № 9. 4 с.

Матеріали конференцій:

32. Практические аспекты повышения уровня промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях [Текст] / А.П. Бочковский, Н.Ю. Сапожникова // 18 Международная научно-практическая конференция: современные проблемы техники и технологии пищевых производств (г. Барнаул, 16-17 февраля 2017 г.). – Барнаул, 2017. – С. 35–37.

33. Розробка моделі системи автоматизованого обліку та контролю змін нормативно-правової бази України з охорони праці [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // XIII International scientific and practical conference: modern scientific potential – 2018 (Sheffield, February 28 - March 7, 2018). Sheffield: Science and education Ltd., 2018. – Vol. 11. – P. 27–30.

34. Розробка моделі системи автоматизованого захисту небезпечних зон та підвищення безпеки руху внутрішньо цехового транспорту [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова // XIV Mezinárodní vědecko–praktická conference: Dny vědy – 2018 (22 – 30 března 2018). Praha: Education and Science, 2018. – Vol. 6. – P. 53–57.

35. Гносеологічні аспекти безпеки технічних систем [Текст] / А.П. Бочковський // Перша міжнародна науково-технічна конференція: перспективні технології для забезпечення безпеки життєдіяльності та довголіття людини (м. Одеса, 24–25 травня 2018 р.). Одеса: ОНМУ, 2018. – С. 73–77.

Інші праці:

36. Бочковський А.П. Актуалізація охорони праці та промислової безпеки у сталому розвитку людства [Текст] / А.П. Бочковський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2015. – № 1(11). – С. 117–126.

37. Bochkovskiy A.P. Promising directions for improving regulatory legal framework of Ukraine on labor protection for enterprises producing food and beverage [Text] / A.P. Bochkovskiy, N.Yu. Sapozhnikova // Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokoristuvannya. – 2015. – № 2(12). – P. 85–93.

38. Бочковський А.П. Охорона праці при проектуванні технічних систем. Автоматизовані системи управління процесами: навч. посіб. [Текст] / А.П. Бочковський. – Одеса: Юридична література, 2016. – 204 с.

39. Бочковський А.П. Охорона праці при проектуванні технічних систем. Менеджмент маркетинг і логістика: навч. посіб. [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова. – Одеса: Юридична література, 2016. – 228 с.

40. Бочковський А.П. Охорона праці при проектуванні технічних систем. Технологічні процеси та підприємства: навч. посіб. [Текст] / А.П. Бочковський, Н.Ю. Сапожнікова. – Одеса: Юридична література, 2017. – 232 с.

Основні положення й результати дисертаційної роботи автором отримані самостійно. Особистий внесок дисертанта в роботах, опублікованих в співавторстві

полягає у: [2] – визначенні складових «людського фактора» та їх аналізі; [3, 22] – аналізі і удосконаленні відомих теоретичних досліджень щодо причин виникнення професійних небезпек та методологічних підходів оцінювання ризиків; [11, 13, 37] – розробці принципів та напрямів мінімізації проявів «людського фактора»; [12] – обґрунтуванні практичної можливості застосування методів марковського аналізу при моделюванні випадкових процесів управління ризиками; [15, 16, 20, 25, 27 – 31, 32, 34] – розробці принципів комплексного захисту працюючих від професійних небезпек, а також засобів постійного моніторингу та оперативного корегування параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих та інших факторів на працівника в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище»; [17] – аналізі і встановленні закономірностей між причинами виникнення професійних небезпек, їх наслідками та проявами «людського фактора»; [18] – розробці принципів ідентифікації небезпечних та шкідливих виробничих факторів; [21] – розробці математичних моделей планування управління професійними ризиками в сфері охорони праці; [24, 33] – розробці принципів автоматизованого обліку та контролю змін нормативно-правової бази України з охорони праці; [39, 40] – розробці та обґрунтуванні методологічних принципів аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, а також заходів і засобів з мінімізації ризиків виникнення професійних небезпек в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище».

АНОТАЦІЯ

Бочковський А.П. Наукові основи управління ризиками виникнення професійних небезпек. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – Охорона праці. – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», МОН України, Дніпро, 2019.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми, яка полягає у розробці науково-обґрунтованого комплексного теоретико-методологічного інструментарію для планування оптимального управління ризиками в сфері охорони праці і знаходження ймовірності виникнення професійних небезпек та принципів автоматизованого комплексного захисту працюючих від негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів в рамках функціонування систем «людина – машина – середовище» для забезпечення системного підходу управління ризиками виникнення професійних небезпек в системах управління охороною праці підприємств, установ та організацій. За результатами проведених досліджень удосконалено концептуальні основи управління ризиками в системах «людина – машина – середовище», визначено принципи і напрями мінімізації негативних проявів «людського фактора» в зазначених системах. Розроблено математичні моделі планування

управління професійними ризиками, встановлено залежності між рівнем професійного ризику та витратами на охорону праці. Розроблено стохастичні моделі оцінювання рівня ризику виникнення професійних небезпек на основі застосування спеціального підкласу марковських процесів – марковських процесів зі знесенням. Виведено систему диференційних рівнянь в частинних похідних і відповідних граничних умовах та визначено необхідні показники для оцінювання ризику виникнення професійних небезпек такі як ймовірність перевищення накопичування негативного впливу дії шкідливого виробничого фактора в організмі працівника нормованих значень, ймовірність отримання виробничої травми працівником у випадковий період часу та інші.

Розроблено принципи автоматизованого комплексного захисту працюючих від впливу професійних небезпек, які полягають у здійсненні постійного моніторингу та оперативного корегування параметрів негативного впливу небезпечних, шкідливих виробничих та інших факторів на працівника в системах «людина – машина – середовище».

Ключові слова: управління ризиками, професійна небезпека, охорона праці, «людський фактор», система «людина – машина – середовище».

АННОТАЦІЯ

Бочковский А.П. Научные основы управления рисками возникновения профессиональных опасностей. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 – Охрана труда. – Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», МОН Украины, Днепр, 2019.

Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы, которая состоит в разработке комплексного научно обоснованного теоретико-методологического инструментария для планирования оптимального управления рисками в сфере охраны труда и определения вероятности возникновения профессиональных опасностей в системах «человек – машина – среда», а также принципов автоматизированной комплексной защиты работников от негативного воздействия опасных, вредных производственных и других факторов в рамках функционирования систем «человек – машина – среда» для обеспечения системного подхода к процессу управления рисками возникновения профессиональных опасностей в системах управления охраной труда предприятий и организаций.

Усовершенствованы концептуальные основы управления риском в сфере охраны труда путем интерпретации основных терминов и определений, классификации рисков для систем «человек – машина – среда», определения необходимых условий возникновения профессиональных опасностей в данных системах, а также установления, в отличие от известных теорий, механизмов

минимизации рисков в системах «человек – машина – среда».

Установлен, на основе статистических зависимостей, характер взаимосвязей между проявлениями «человеческого фактора» и основными профессиональными опасностями. Определены и проанализированы составляющие «человеческого фактора», разработаны и обоснованы принципы и направления его минимизации. Во исполнение разработанных принципов предложена к применению система автоматизированного учета и контроля изменений нормативно-правовой базы Украины по охране труда.

Разработаны математические модели планирования управления профессиональными рисками с учетом случайного характера негативного влияния на организм работника вредных производственных факторов для практического использования в системах управления охраной труда предприятий и фондах социального страхования. Установлены зависимости между уровнем профессионального риска и ресурсами, выделяемыми на охрану труда.

Предложено и обосновано для моделирования гибридного воздействия опасных и вредных производственных факторов на работника в системах «человек – машина – среда» применение специального подкласса марковских процессов – марковских процессов со сносом (дискретных и непрерывных случайных блужданий). Выведены системы дифференциальных уравнений и граничных условий для нахождения предельного распределения вероятностей случайного процесса возникновения профессиональных опасностей для систем «человек – машина – среда». Решение данной задачи позволяет определить необходимые показатели, для оценки риска возникновения профессиональных опасностей в исследуемых системах, такие как вероятность превышения накопления негативного воздействия влияния вредного производственного фактора в организме работника предельно-допустимых значений, вероятность получения работником производственной травмы в случайный момент времени и другие. Предложено решение граничной задачи для системы дифференциальных уравнений, базирующееся на преобразовании Лапласа для случая эрланговского распределения рабочих и нерабочих периодов времени. Показана возможность исследования с помощью применения марковских процессов со сносом зависимостей воздействия вредных производственных факторов на вероятность получения травмы работником. Заложены научные направления по развитию исследований по применению марковских процессов со сносом для комбинирования аналитических подходов и имитационного моделирования при решении поставленных задач.

Разработаны принципы автоматизированной комплексной защиты работников от профессиональных опасностей, которые состоят в осуществлении постоянного мониторинга и оперативной корректировки параметров негативного воздействия опасных, вредных производственных и других факторов на работника в рамках функционирования систем «человек – машина – среда».

Научные положения, выводы и результаты диссертационного исследования

использованы в работе системы управления охраной труда предприятия ПАО «Стальканат-Силур» (г. Одесса) и Фонда социального страхования Украины в Одесской области.

Ключевые слова: управление рисками, профессиональная опасность, охрана труда, «человеческий фактор», система «человек – машина – среда».

ABSTRACT

Bochkovskyi A.P. Scientific Basis of Risks Management of Occupational Dangers Origin. – On the rights for a manuscript.

Thesis for a doctor degree in Technical Science, specialty 05.26.01– Occupational health and safety. – National Technical University "Dnipro Polytechnic", Ministry of Education and Science of Ukraine, Dnipro, 2019.

The thesis is devoted to solving the actual scientific problem, which consists in the development of scientifically substantiated complex theoretical and methodological tools for planning of optimal risks management in the field of occupational health and safety and finding the probability of occupational dangers origin and principles of automated complex protection of employees from the negative influence of danger, harmful productive and other factors within the functioning of the systems "man - machine - environment" to provide a systematic approach risks management of occupational dangers origin in occupational health and safety systems in enterprises, institutions and organizations.

According to the results of the conducted research, the conceptual bases of risks management in "man - machine - environment" systems were improved, principles and directions of minimization of negative manifestations of "human factor" in these systems were determined.

The mathematical models of occupational risks management planning were developed, and the relationship between occupational risk level and occupational health and safety costs was established.

The stochastic models for evaluation the risks level of management of occupational dangers origin based on Markov drift processes were developed.

System of differential equations in partial derivatives and corresponding limiting conditions was derived and necessary indicators for risks evaluation of occupational dangers origin were determined such as the probability of exceeding the normalized accumulation of negative influence of the harmful production factor in employee, the probability of employment injury by an employee at a random period etc.

Principles of automated complex protection of employees from the influence of occupational dangers that allows for permanent monitoring and operational correcting of parameters of negative influence of danger, harmful production and other factors on employee in "man - machine - environment" systems was formalized.

Key words: risks management, occupational danger, occupational healthy and safety, «human factor», «man - machine - environment» system.

БОЧКОВСЬКИЙ Андрій Петрович

**НАУКОВІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ
ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ НЕБЕЗПЕК**

(Автореферат)

Підписано до друку 21.02.2019. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.
Обл.-вид. арк. 2,0. Тираж 100 прим. Зам. №74
Видавництво ОНПУ «Наука і техніка»
Свідоцтво серія ДК № 145 від 11.08.2000
65044, Україна, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, корп. 5