

УДК 69.05:658.382

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ (АРР) НА ОБ'ЄКТАХ БУДІВНИЦТВА

КАСЬЯНОВ М. А.^{1*}, д.т.н., проф.,
ГУНЧЕНКО О. М.², к.т.н., доц.,
КОРИННИЙ В. І.¹, викладач,
САБИТОВА О. А.³, к.т.н., ст. викладач,
УЛІТІНА М. Ю.⁴, здобувач.

^{1*} Кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський Національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03680, Київ, Україна, тел. +38(044)2449614, e-mail: kaflab241ecolog@gmail.com

² Кафедра безпеки життєдіяльності та охорони праці, Державний університет телекомунікацій, вул. Солом'янська, 7, 03680, Київ, Україна, тел.: +38 (044) 2492543, e-mail: oks-gunchenko@yandex.ru

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgsa.dp.ua

⁴ Департамент науки и образования Харьковской областной государственной администрации, Харьков, Украина, тел. +38 (057) 705-03-14 e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

Анотація. Мета. У наш час відбуваються надзвичайні ситуації (НС), що потребує проведення рятувальними підрозділами невідкладних аварійно-рятувальних робіт (АРР) у несприятливих погодних умовах при наявності щільної забудови, стиснених об'ємів приміщень, горючих газів і матеріалів, зруйнованих та напівзруйнованих конструкцій і елементів будівель, що хаотично обрушилися. При цьому рятувальники працюють у край небезпечних умовах з ризиком травмування, у т. ч. і з тяжкими наслідками, зокрема, за 2015 р. під час проведення АРР травмувалися 60 рятувальників, причому 5 – смертельно. Тому необхідним є розвиток методології визначення кількісних показників їх виробничого ризику, що сприятиме вдосконаленню основних методів і засобів безпеки при проведенні АРР. **Методика.** Зазначено те, що фізичний стан людини упродовж робочого часу змінюється у сторону погіршення якісного виконання розумових і фізичних навантажень. Наприклад, імовірність безпомилкового виконання людиною операцій з прийняття інформації, її оцінки та приймання рішення щодо працездатності підсистем, які нею контролюються, при числі ознак, що сприймаються оператором, у 5-6 і затримці у часі їх появи у 15-40 с, становить $P(t) = 0,4470 \dots 0,7830$. Крім того, необхідно враховувати і те, що вимоги до ефективності дій рятувальників відносно забезпечення оптимального використання можливостей обладнання і засобів механізації є невід'ємними з необхідністю урахування їх індивідуальних особливостей і психофізіології, як найважливіших у системі управління. Тому, при визначенні ризику при проведенні аварійно-рятувальних робіт, необхідно враховувати не тільки напрацювання на відмову технічних систем, які використовуються рятувальниками, а і імовірність безпомилкового виконання останніми виробничих функціональних дій, окремо враховуючи їх у переліку подій та у дереві ризиків. **Результати.** Дослідженнями встановлено необхідність введення у складові визначення імовірності виникнення нещасного випадку рятувальника не тільки напрацювання на відмову технічних систем (стосовно виконання АРР – це, у першу чергу, ручний механізований інструмент, засоби зв'язку, індивідуального захисту, пожежогасіння і т. ін.), а і психофізіологічних особливостей рятувальників. Встановлено, що існуючі показники своєчасності, точності діяльності оператора, наприклад, такі, як час його роботи між двома відмовами, кількість та інтенсивність відмов за конкретний період часу чи роботи, не у повній мірі визначають і відображають діяльність людини. А ступінь стабільності у дотриманні зазначених показників у різних видах і умовах діяльності є характеристикою надійності роботи оператора. І тому вона відображає його безпомилкову роботу і визначається імовірністю правильного розв'язання задач. **Наукова новизна і практична значимість.** Визначено перелік подій, що призводять до відмов ручного пневматичного підйомника при проведенні АРР, та імовірність їх виникнення з побудовою «дерева відмов» і розрахунком надійності підйомника, обґрунтовано перелік подій, що призводять до заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника, визначено їх імовірність з побудовою «дерева ризиків», вдосконалено математичну модель розрахунку ризику імовірністю «людських» відмов (помилки) поряд з імовірністю «технічних», вперше розраховано виробничий ризик рятувальника

Ключові слова: надзвичайна ситуація, аварійно-рятувальні роботи, рятувальник, виробничий ризик, імовірність

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ (АРР) НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА

КАСЬЯНОВ Н.А.^{1*}, д.т.н., проф.,
ГУНЧЕНКО О.Н.², к.т.н., доц.,
КОРИННОЙ В.И.¹, преподаватель,
САБИТОВА О.А.³, к.т.н., ст. преподаватель,
УЛИТИНА М. Ю.⁴, соискатель.

^{1*} Кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский Национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03680, Киев, Украина, тел. +38(044)2449614, e-mail: kaflab241ecolog@gmail.com

² Кафедра безопасности жизнедеятельности и охраны труда, Государственный университет телекоммуникаций, ул. Соломенская, 7, 03680, Киев, Украина, тел.: +38 (044) 2492543, e-mail: oks-gunchenko@yandex.ru

³ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua

Аннотация. Цель. В настоящее время происходят чрезвычайные ситуации (ЧС), что требует проведения спасательными подразделениями неотложных аварийно-спасательных работ (АСР) в неблагоприятных погодных условиях при наличии плотной застройки, ограниченных объемов помещений, горючих газов и материалов, разрушенных и полуразрушенных конструкций и элементов зданий, которые хаотично обрушились. При этом спасатели работают в крайне опасных условиях с риском травмирования, в т.ч. и с тяжелыми последствиями, в частности, за 2015 г. во время проведения АСР травмировались 60 спасателей, причем 5 – смертельно. Поэтому необходимым является развитие методологии определения количественных показателей их производственного риска, что будет способствовать совершенствованию основных методов и средств безопасности при проведении АСР. **Методика.** Указано, что физическое состояние человека в течение рабочего времени меняется в сторону ухудшения качественного выполнения умственных и физических нагрузок. Например, вероятность безошибочного выполнения человеком операций по приему информации, ее оценке и принятию решения о работоспособности подсистем, которые им контролируются, при числе признаков, воспринимаемых оператором в 5-6 и задержке во времени их появления в 15-40 с, составляет $P(t) = 0,4470... 0,7830$. Кроме того, необходимо учитывать и то, что требования к эффективности действий спасателей относительно обеспечения оптимального использования возможностей оборудования и средств механизации являются неотъемлемыми с необходимостью учета их индивидуальных особенностей и психофизиологии, как важнейших в системе управления. Поэтому, при определении риска при проведении аварийно-спасательных работ, необходимо учитывать не только наработки на отказ технических систем, которые используются спасателями, а и вероятность безошибочного выполнения последними производственных функциональных действий, отдельно учитывая их в перечне событий и в дереве рисков. **Результаты.** Исследованиями установлена необходимость введения в составляющие определения вероятности возникновения несчастного случая спасателя не только наработки на отказ технических систем (относительно выполнения АСР – это, в первую очередь, ручной механизированный инструмент, средства связи, индивидуальной защиты, пожаротушения и т. д.), а и психофизиологических особенностей спасателей. Установлено, что существующие показатели своевременности, точности деятельности оператора, например, такие, как время его работы между двумя отказами, количество и интенсивность отказов за конкретный период времени или работы, не в полной мере определяют и отражают деятельность человека. А степень стабильности в соблюдении указанных показателей в различных видах и условиях деятельности является характеристикой надежности работы оператора. И поэтому она отражает его безошибочную работу и определяется вероятностью правильного решения задач. **Научная новизна и практическая значимость.** Определен перечень событий, приводящих к отказам ручного пневматического подъемника при проведении АСР, и вероятность их возникновения с построением «дерева отказов» и расчетом надежности подъемника, обоснован перечень событий, приводящих к причинению вреда здоровью спасателя, определена их вероятность с построением «дерева рисков», усовершенствована математическая модель расчета риска вероятностью «человеческих» отказов (ошибок) наряду с вероятностью «технических», впервые рассчитан производственный риск спасателя

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные работы, спасатель, производственный риск, вероятность

THE DEVELOPMENT OF METHODS TO ASSESS PRODUCTION RISK IN CONDUCTING RESCUE OPERATIONS (APP) AT CONSTRUCTION SITES

KASYANOV N. A.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

GUNCHENKO O. N.², *Cand. Sc.(Tech), Assoc.*,

KORENNOY V.I.¹, *Inst.*,

SABITOVA O.A.³, *Cand. Sc.(Tech), Senior lecturer*

ULITINA M. Yu.⁵, *competitor.*

^{1*} Department of labor protection and the environment, Kyiv national University of construction and architecture, vozdukhoflotsky prospect 31, 03680, Kiev, Ukraine tel: +38(044)2449614, e-mail: kaflab241ecolog@gmail.com

² Department of life safety and labour protection, State University of telecommunications, vul. Str 7, 03680, Kiev, Ukraine tel:+38 (044) 2492543, e-mail: oks-gunchenko@yandex.ru

³ Department of safety, State higher educational institution "Dnieper state Academy of construction and architecture", vul. Chernyshevsky 24-a, 49600, Dnepropetrovsk, Ukraine tel: +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua

⁵ Department of science and education of Harkiv regional state administration, Harkiv, Ukraine, phone +38 (057) 705-03-14 e-mail: m_ulitina@ro.ru, ORCID ID: 0000-0001-9678-6842

Annotation. Goal. In our time there are emergency situation(es) that requires the rescue units of the emergency rescue operations (RDAs) in adverse weather conditions with dense housing, the compressed volume of areas, combustible gases and materials, ruined and dilapidated structures and elements of buildings, chaotically collapsed. The rescuers are working in extremely dangerous conditions with the risk of injury, including serious consequences, in particular for 2015 during the ARR was injured 60 rescuers, and 5 – deadly. Therefore, required is development of a methodology of quantification of their production risk, which will contribute to the

improvement of the main methods and means of security to the APP. **Methods.** Provided that the physical state of a person during working time is changing in the direction of deterioration in the quality of performing mental and physical activities. For example, the probability of smooth execution person transactions for receiving information, evaluation and decision-making about the health subsystems, which it controlled, when the number of symptoms perceived by the operator at 5-6 and the time delay of their appearance in 15-40 C, is $P(t) = 0,4470... 0,7830$. You also need to take into account the fact that the requirements for the effectiveness of the actions of rescuers regarding the optimal use of the capabilities of the equipment and machinery are integral with the necessity of taking into account their individual characteristics and psychophysiology, as the most important in the control system. Therefore, in determining the risk in conducting rescue operations, it is necessary to consider not only the time to failure of technical systems that are used by the rescuers, and the probability of error-free execution of the last production of functional actions, considering them separately in the list of events and tree risks. **Results.** Studies have established the need to introduce in the composite definition of the probability of occurrence of an accident of a rescuer not only to failure of technical systems regarding the execution of the APP is, first and foremost, manual mechanized tools, communications, personal protection, fire fighting, etc.), and psychophysiological characteristics of rescuers. It is established that the existing indicators of timeliness and accuracy of activities of the operator, such as its running time between two failures, the number and intensity of failures for a specific period of time or work, do not fully define and reflect human activity. A degree of stability in respect of these indicators in different types and conditions of activities is a characteristic of the reliability of the operator. And so it reflects its error-free operation and is determined by the probability of correct task solution. **The scientific novelty and practical significance.** Defines the list of the events leading to the failure of pneumatic lift while conducting emergency and rescue works, and the likelihood of their occurrence with the construction of the fault tree and reliability calculation of lift and justifies a list of events leading to bodily injury of the rescuer, to determine their probability with the construction "tree of risks" improved mathematical model for calculating the risk probability of "human failures" (errors) along with the probability of a "technical", for the first time calculated the production risk of the professional lifeguard

Key words: emergency, emergency and rescue operations, rescue worker, operational risk, probability

Вступ

У наш час загострилися питання, пов'язані з наявністю на об'єктах будівництва енергоємних засобів і комунікацій. Порушення загальноприйнятих норм і правил безпеки при їх проектуванні та неправильно-му використанні, при наявності необізнаності користувачів енергії, призводить до руйнування будівель промислового і соціально-культурного призначення, а також житлових будинків. Почали виникати не тільки небезпечні та критичні, а і аварійні ситуації.

Особливої важливості набувають проблеми, пов'язані з оцінкою виробничого ризику при розробці планів і проектів реконструкції споруд різного призначення та їх реалізації у специфічних умовах, використання на підприємствах різних галузей небезпечних матеріалів, технологій, устаткування, або демонтажу без дозволу наглядових організацій, зокрема, у житлових будинках несучих стін і перегородок. І внаслідок цього відбувається надзвичайна ситуація (НС), що потребує проведення рятувальними підрозділами невідкладних АРР у несприятливих погодних умовах (прохолодна температура, дощ, сніг, ожеледь і т. ін.) при наявності щільної забудови, стиснених об'ємів приміщень, горючих газів і матеріалів, зруйнованих та напівзруйнованих конструкцій і елементів будівель, що хаотично обрушилися.

Причому, АРР на всіх етапах проведення є пов'язаними з визволенням із завалів людей, що опинилися під ними. Виконувати такі роботи необхідно швидко і таким чином, щоб не нашкодити ще більше потерпілим. Яскравим прикладом такої надзвичайної ситуації є обрушення обмеженої кількості вертикальних прольотів виведеного з експлуатації житлового будинку при неправильному проведенні у його підвальних приміщеннях реконструкції шляхом демонтажу несучих конструкцій.

Ця подія сталася взимку 2016 р. у м. Києві і призвела до загибелі двох будівельників, а шість було виз-

волено із завалів [9]. Рятувальники працювали у вкрай небезпечних умовах з ризиком травмування, у т. ч. і з важкими наслідками, тому що розбирання завалів виконувалося вручну у обмеженому просторі. Добре, що обійшлося без значних пошкоджень у них, але так буває рідко, що підтверджується і статистичними даними. Так, у березні 2015 р. під час гасіння пожежі по вул. Сагайдачного, 38 у м. Києві загинуло двоє рятувальників. А при ліквідації у червні того ж року НС на нафтобазі у Київській області загинуло ще троє. Загалом за 2015 р. під час проведення АРР травмувалися 60 рятувальників, причому 5 – смертельно.

Методика

Ці відомості свідчать про те, що, не дивлячись на високі вимоги до професійної підготовки, аварійно-рятувальні роботи пов'язані з одним з найвищих виробничих ризиків R_p . Але оцінка їх безпеки зазвичай виконується за коефіцієнтом частоти травмування шляхом його визначення по відношенню числа травмованих рятувальників $n_{тр}$, наприклад, за рік, до їх загальної кількості з приведенням до тисячі працюючих N [15]:

$$R_p = \frac{n_{mp}}{N} \cdot 1000 \quad (1)$$

Є і такі методи оцінки ризику, які базуються на показниках економічних витрат з-за лікарняних листків, інвалідності і т. ін., і встановлюють необхідність виплати постраждалому одноразової допомоги, тощо [5]. Але вони, як правило, стосуються тих видів професійної діяльності, що мають у своїй більшості заздалегідь відомі складові показників виробничого ризику.

У наш час, при обґрунтуванні рішень по управлінню станом показників травматизму на підприємствах, рідко застосовується методологія оцінки загрозливих небезпек, що базується на ризик-орієнтованому підході, з-за необхідності наявності вхідних даних і розмаї-

тості кількісних моделей з оцінки ризиків. Недослідженою є також можливість застосування стохастичних і імітаційних моделей, що аргументовано відображено у [1, 6, 17].

У різних видах виробництва по відношенню до постійних робочих місць, технологічних процесів, цехів, ділянок і т. ін., можна використовувати аналітичний підхід стосовно поняття «виробнича система» [7]. Адже вона може регулювати взаємодію між людиною, робочими матеріалами, засобами виробництва та навколишнім середовищем. По відношенню ж до рятувальника, який здійснює шляхом розвідки, оцінку стану об'єкта з-за руйнувань внаслідок надзвичайної ситуації, яка до того ж може супроводжуватися витоком горючого газу, легкозаймистої рідини і т. ін., таке визначення часто ускладнюється з-за відсутності даних відносно їх наявності на цьому об'єкті, оскільки вони суттєво впливають на швидкість і наслідки розвитку НС. До речі, на стан і швидкість ліквідації наслідків НС на об'єкті будівництва, а також на розмір витрат, пов'язаних з цим, суттєво впливає інформація або її відсутність щодо наявності на ньому працівників охорони, оскільки вони своєю обізнаністю про стан об'єкта можуть сприяти безпечній роботі рятувальників і використанню тих чи інших методів і засобів проведення АРР.

Кожний з рятувальників при виконанні робочих функцій повсякчас стикається з людськими стражданнями, горем і смертю, що суттєво впливає на його психофізіологічні характеристики внаслідок постійного стресу і високої відповідальності за якість роботи, яка ним виконується. Це природно, не дивлячись на їх відбір, професійну підготовку і тренування в умовах, максимально наближених до реальних, які відтворюють стан об'єкту внаслідок НС, призводить до того, що імовірність безпомилкового виконання ними виробничих функціональних дій при проведенні АРР буде такою ж, як і у середньостатистичної людини у звичайних умовах.

Треба мати на увазі і те, що фізичний стан людини упродовж робочого часу змінюється у сторону погіршення якісного виконання розумових і фізичних навантажень. Наприклад, відповідно до [2], імовірність безпомилкового виконання людиною операцій з прийняття інформації, її оцінки та прийняття рішення щодо працездатності підсистем, які нею контролюються, при числі ознак, що сприймаються оператором, у 5-6 і затримці у часі їх появи у 15-40 с, становить $P(t) = 0,4470 \dots 0,7830$.

Крім того, необхідно враховувати і те, що вимоги до ефективності дій рятувальників відносно забезпечення оптимального використання можливостей обладнання і засобів механізації є невід'ємними з необхідністю урахування їх індивідуальних особливостей і психофізіології, як найважливіших у системі управління [10].

Є також джерела, що вказують на такі складові професійного ризику, як ризик пошкодження здоров'я внаслідок травм різного ступеню тяжкості, професійних захворювань, а також шкідливих умов праці, тяж-

кості і напруженості трудового процесу, який названо «прихованим ризиком». І тому, при визначенні ризику при проведенні аварійно-рятувальних робіт, необхідно враховувати не тільки напрацювання на відмову технічних систем, які використовуються рятувальниками, а і імовірність безпомилкового виконання останніми виробничих функціональних дій, окремо враховуючи їх у переліку подій та у дереві ризиків.

«Дерево ризиків» або «дерево відмов» є топологічною моделлю надійності і безпеки оскільки воно враховує логіко-вірогіднісні взаємозв'язки між різними окремими випадковими вихідними подіями у вигляді первинних або результуючих відмов, сукупність яких призводить до головної події – небезпечної, критичної або аварійної ситуації і, загалом, до нещасного випадку. На це вказують і результати дослідження [10], які акцентують увагу на проблемах, пов'язаних з невідповідністю психофізіологічної підготовки працівників вимогам певної трудової діяльності.

Мета дослідження

Існуючі методи визначення виробничого ризику не дають відповіді на питання стосовно того, які шкідливі та небезпечні виробничі чинники (ШНВЧ) найбільше впливають на його якісні і кількісні значення, у т. ч. рятувальників, і яким чином при цьому враховуються специфічні умови їх підготовки і праці. Тому необхідним є вдосконалення методології їх оцінки, що сприятиме вдосконаленню основних методів і засобів виробничої безпеки при одночасному підвищенні продуктивності праці. Виконаний аналіз показує актуальність визначення кількісних показників виробничого ризику рятувальників з урахуванням його психофізіологічної складової при проведенні АРР, що є метою дослідження.

Результати дослідження

У останній час для оцінки надійності і безпеки експлуатації устаткування і виробничих процесів обґрунтовано почав впроваджуватися метод «дерева несправностей» і наступного за ним «дерева відмов», оскільки основною характеристикою надійності є частка відмов (t), величина якої вміщує у собі всі дані про випадкове явище – час безвідмовної роботи [4].

А інтенсивність відмови різних елементів є найбільш зручною характеристикою їх надійності, оскільки дає можливість досить просто обчислювати кількісні показники надійності як для них, так і для складних систем за критерієм імовірності їх безвідмовної роботи. Цей показник не тільки характеризує надійність із урахуванням зміни у часі і входить як співмножина у інші, більш загальні характеристики системи. Його можна визначати у процесі проектування систем і оцінювати при їх випробуваннях. Такий підхід у повній мірі відповідає Рекомендаціям Міжнародної Організації Праці щодо вдосконалення системи управління охороною праці у всіх видах виробничої діяльності на основі оцінки і управління професійними ризиками [6].

Відомо, що надійність професійної діяльності – це безпомилкове виконання людиною покладених на неї професійних обов'язків (функцій) протягом необхідного часу і при заданих умовах діяльності [3]. Вона обумовлена трьома основними факторами [14]:

- рівнем професіоналізму і підготовленості оператора;
- психофізіологічними даними, зокрема, особливостями нервової системи, програми чутливості, особистісними властивостями, станом його здоров'я;
- ступенем інженерно-психологічної узгодженості техніки з психофізіологічними можливостями оператора.

У наш час у повній мірі постали проблеми адаптації психофізіологічних характеристик людини оператора до вимог сучасної техніки [12]. В охороні праці існує поняття щодо захисту машини від «бодура (невіглаза)», тобто від людини-оператора, неправильні дії якої можуть призвести до порушення технологічного процесу, виходу з ладу обладнання тобто до його відмови. Але і машина різними порушеннями у своїй роботі здатна спровокувати відмови людини. Останні у психології трактуються як невиконання або несвочасне виконання нею необхідних дій або таке зниження якості їх виконання, за якого неможливе досягнення поставленої мети [16]. Причому, відмова оператора визначається її наслідками чи того, що в результаті відбулося, адже людина завдяки своїм компенсаторним можливостям здатна змінювати програму дій, виправляючи, нівелюючи, ліквідувати чи зменшуючи наслідки відмови. Останні поділяються на:

- активні і пасивні, перші з яких обумовлюються неправильним сприйняттям інформації, а другі є наслідками помилок пам'яті, уваги і т. ін.;
- раптові (при стрибкоподібному їх виконанні) і поступові, які накопичуються упродовж визначеного часу;
- явні, які проявляються безпосередньо, і неявні, коли їх прояв відбувається через якийсь термін часу чи через інші системи.

Існуючі показники своєчасності, точності діяльності оператора, наприклад, такі, як час його роботи між двома відмовами, кількість та інтенсивність відмов за конкретний період часу чи роботи, не у повній мірі визначають і відображають діяльність людини. А ступінь стабільності у дотриманні зазначених показників у різних видах і умовах діяльності є характеристикою надійності роботи оператора. І тому вона відображає його безпомилкову роботу і визначається імовірністю правильного розв'язання задач.

Щодо причин помилкових дій можна зауважити, що існує досить широкий їх клас, який пов'язують не тільки з невикористанням оператором об'єктивно наданої інформації, а і емоціями, що виникають у відповідності до професійної події, поставленої задачі, і т. ін. Невизначеність і недостатність інформації для оцінки ситуації і визначення її значимості також є причинами помилкових дій оператора.

Крім того надійність рятувальника характеризується ступенем невизначеності розвитку небезпечної,

критичної або аварійної ситуації, що може призвести до збентеження і розгубленості від тих чи інших кількісних та якісних параметрів або характеристик отриманої їм інформації [8]. Внаслідок цього порушується діяльність рятувальника, на яку також впливає його стійкість до невизначеності та здатність не тільки її витримувати виконуючи аварійно-рятувальні роботи, а і контролювати свої дії, стан, емоції.

При цьому постає задача коректності розрахункових показників виробничого ризику по відношенню до фактичних їх значень, яку не можна вирішити без врахування статистичних даних про відмови окремих елементів і обладнання в цілому або без використання аналітичних виразів конкретних характеристик. Суттєвою є, як показує дослідження, необхідність введення у складові визначення імовірності виникнення нещасного випадку не тільки напрацювання на відмову технічних систем (стосовно виконання АРР – це, у першу чергу, ручний механізований інструмент, засоби зв'язку, індивідуального захисту, пожежогашіння і т. ін.), а і психофізіологічних особливостей рятувальників.

Необхідно також визначати і використовувати аналітичні залежності між цими характеристиками та критерії надійності, за якими виконується оцінка надійності технічних систем. У якості таких можна обґрунтовано брати показники надійності, а також властивості довговічності, ремонтпридатності, збереження, безвідмовності і т. ін. Найбільш поширеними з них є показники безвідмовності, наприклад: $P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи протягом визначеного часу; t_f – процентне напрацювання до відмови; T – середнє напрацювання до відмови; $f(t)$ – частота відмов; $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; $\mu(t)$ – параметр потоку відмов і т. ін. [2,11].

Питання вибору кількісних характеристик надійності залежить від виду критерію, оскільки основні з них поділені на дві групи. До першої відносяться ті, що характеризують надійність не відновлювальних виробів, до другої – ті, що характеризують надійність відновлюваних виробів.

Оскільки імовірністю безвідмовної роботи є кількісна міра не відбуття ні однієї відмови при заданих межах напрацювання і умовах експлуатації, то функція P , зазначена у першому показнику безвідмовності, є відносною тривалістю безупинної роботи технічної системи до першої відмови. Через аргумент t визначається час її існування, тобто:

$$P(t) = P(T \geq t), \quad (2)$$

де T – час роботи системи від початку до першої відмови; t – час, упродовж якого визначається імовірність безвідмовної роботи, $t \geq 0$.

Статистична оцінка імовірності безвідмовної роботи становитиме

$$P(t) = \left(N_0 - \frac{n_t}{N_0} \right), \quad (3)$$

де N_0 – число елементів на початку роботи; $n(t)$ – число елементів, що відмовили за час t .

Для розрахунку кількісних характеристик надійності елементів технічних систем можна використовувати такі знаки розподілу: експонентний; усічений нормальний; Релея; гамма; Вейбулла–Гнеденко; логарифмічно-нормальний. Наявність декількох критеріїв не вказує на необхідність оцінки надійності об'єктів за всіма характеристиками, оскільки найбільш повною з них є частота відмов $f(t)$, яка містить у собі всі дані про випадкове явище – час безвідмовної роботи. Середнє напрацювання до першої відмови T обмежене у застосуванні при оцінці надійності складних систем з-за різних причин, зокрема, коли час роботи системи набагато менше часу безвідмовної роботи або коли час роботи окремих її частин є різним і т. ін.

Інтенсивність відмов $\lambda(t)$ є зручною характеристикою надійності найпростіших елементів, тому що дозволяє визначити її кількісні значення для складних систем за критерієм імовірності їх безвідмовної роботи.

Метод «дерева несправностей» або «дерева відмов» дозволяє наочно, шляхом графічного зображення умов та ШНВЧ, зафіксувати небажану подію і виявити комбінації відмов (неполадок) обладнання, вимушених і невимушених помилок людини-оператора та зовнішніх впливів, що призводять до її виникнення. Оцінка числових характеристик «дерева несправностей», по аналогії з [2,11,13], але з характерними при виконанні АРР подіями і значеннями імовірності їх виникнення, повинна враховувати наступні правила і припущення:

1. Події дерева, з'єднані логічною умовою І, об'єднуються за принципом їх множення, при цьому параметр головної події розраховується як множина з n параметрів передумов:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

2. Події дерева, які з'єднуються логічною умовою АБО, об'єднуються за принципом логічного додавання, з пов'язанням їх параметрів залежністю:

$$P = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (5)$$

яка, наприклад, для $n = 3$ перетворюється у:

$$P_{i=3} = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 - P_3 \cdot P_1 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (6)$$

3. Спростувати і перетворювати структурні функції необхідно за правилами булевої алгебри. При цьому, застосовуючи закон поглинання, можна у якості дійсних використовувати такі тотожності

$$P \cdot (P \cdot C) = P \cdot C; \quad (7)$$

$$P + (P \cdot C) = P. \quad (8)$$

4. Якщо є відомими схеми безвідмовності технічних систем і безпеки їх функціонування, то це дає можливість їх перетворення у «дерево подій».

А, оскільки такий аналіз, а саме - методом несправностей, надає можливість віднайти різні комбінації неполадок чи відмов обладнання, або зовнішніх впливів (природних, або техногенних), чи вимушених (об'єктивних) та невимушених (суб'єктивних) помилок працівників, то він буде прийнятним для аналізу причин виникнення небезпечної, критичної або аварійної ситуації, а також - для визначення імовірності відмови за встановленими значеннями імовірності вихідних подій.

Тому оцінка надійності технічних систем, які використовуються при проведенні АРР повинна виконуватися для найнебезпечніших з них, а саме:

- основне і допоміжне обладнання, до якого відносяться не тільки великогабаритні засоби підняття і переміщення уламків будівельних конструкцій, а і ручний механізований пневмо- чи гідравлічний інструмент;

- засоби створення прийнятних умов мікроклімату, наприклад, теплові гармати, які застосовуються для підвищення температури у зоні проведення АРР у зимовий період.

Для побудови «дерева відмов» (рис. 1) можна застосовувати відому символіку з представленням у вигляді кіл стану вихідних подій чи елементів, які не піддаються розподіленню. Для цього, по-перше, складається перелік подій, які призводять до відмов досліджуваної технічної системи, а, по-друге, визначається їх імовірність. Наприклад, для ручного пневматичного підйомника з електроприводом перелік можливих подій надано у табл. 1.

І тоді напрацювання T (год.) на відмову ручного механічного пневматичного підйомника можна визначити, як:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\text{нсл}}}, \quad (9)$$

де $\lambda_{\text{нсл}}$ – інтенсивність відмови найслабшого елемента системи, год⁻¹.

Тому, для визначення таких відмов і застосовується метод аналізу «деревом неполадок», які для вказаного підйомника складаються з відомої кількості технічних елементів. Причому, наслідками їх відмови може бути вихід з ладу окремих вузлів, що значно впливає не тільки на термін технологічного процесу використання підйомника, а і на інші його параметри.

Наприклад, при встановленні терміну напрацювання на відмову підйомника у 16000 год., розрахункове визначення імовірності безвідмовної роботи його окремих елементів можна виконувати за інтенсивністю відмов та за «деревом несправностей», враховуючи термін часу нормальної експлуатації з $\lambda = \text{const}$, і, використовуючи залежність інтенсивності відмов та імовірності безвідмовної роботи у вигляді

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} \quad (10)$$

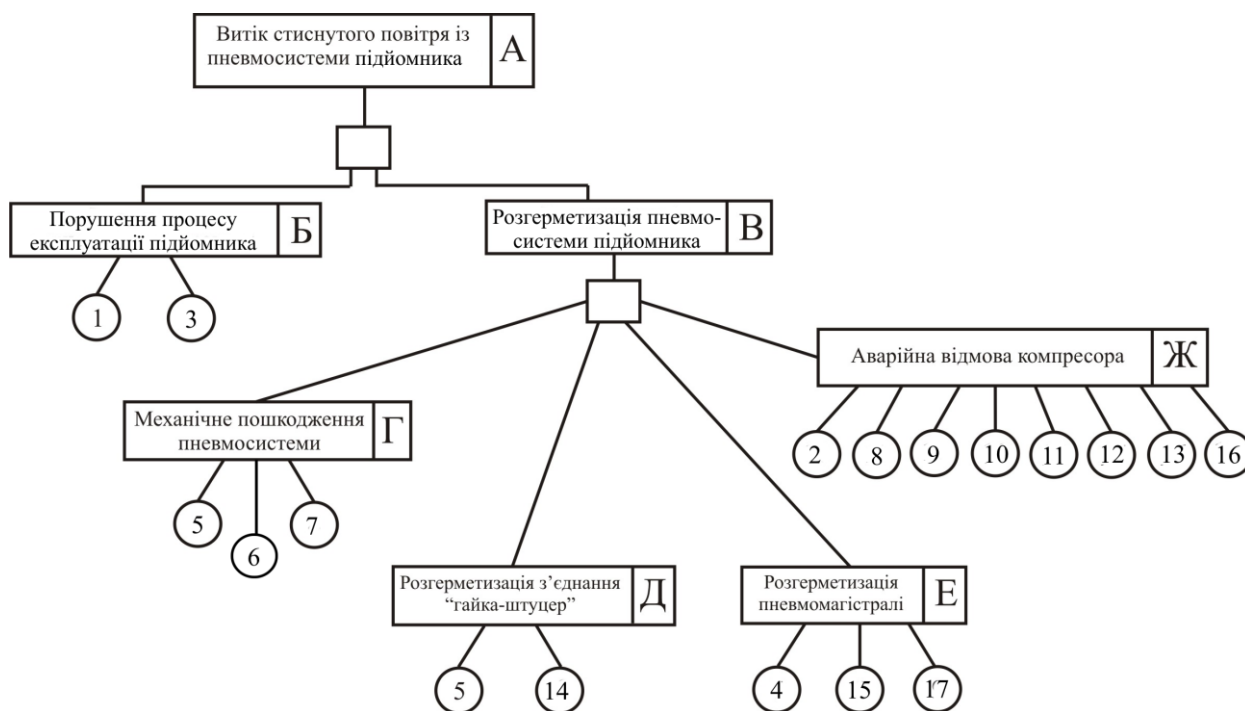


Рис. 1. Схема «дерева відмов» ручного пневматичного підйомника / Scheme "fault tree" manual pneumatic lift

Порядок розрахунку імовірності виникнення аварійної ситуації при роботі рятувальника з використанням ручного пневматичного підйомника, відповідно до побудованого «дерева відмов» (рис. 1), можна представити у наступному вигляді:

Таблиця 1

Імовірність виникнення аварійної ситуації при експлуатації ручного пневматичного підйомника / The likelihood of an emergency situation in the operation of manual pneumatic lift

1. $P_A = P_B + P_B - P_B \cdot P_B$;
2. $P_B = P_1 + P_3 - P_1 \cdot P_3$;
3. $P_B = P_G + P_D + P_E + P_{Ж} - P_G \cdot P_D - P_D \cdot P_E - P_E \cdot P_{Ж} - P_G \cdot P_{Ж} - P_G \cdot P_D \cdot P_E - P_{Ж} \cdot P_D - P_{Ж} \cdot P_E - P_{Ж} \cdot P_{Ж}$;
4. $P_G = P_5 + P_6 + P_7 - P_5 \cdot P_6 \cdot P_7$;
5. $P_D = P_6 + P_{14} - P_6 \cdot P_{14}$;
6. $P_E = P_4 + P_{15} + P_{17} - P_4 \cdot P_{15} \cdot P_{17}$;
7. $P_{Ж} = P_2 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{16} - P_2 \cdot P_8 \cdot P_9 \cdot P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{16}$;

Відповідно після підстановки значень $P(t)$ отримуюмо проміжні ($P_B, P_B, P_G, P_D, P_E, P_{Ж}$) і результуючу величину P_A :

7. $P_{Ж} = 2 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} + 1,1 \cdot 10^{-6} + 3 \times 10^{-6} + 2,5 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} - (2 \cdot 10^{-5}) \cdot (3 \times 10^{-6}) - (2 \cdot 10^{-6}) \cdot (1,1 \cdot 10^{-6}) - (3 \cdot 10^{-6}) \cdot (2,5 \cdot 10^{-6}) \times (2 \cdot 10^{-6}) \cdot (3 \cdot 10^{-6}) = 36,6 \cdot 10^{-6}$;
6. $P_E = 4 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-5} - (4 \cdot 10^{-6}) \cdot (3 \times 10^{-6}) \cdot (2 \cdot 10^{-5}) = 27 \cdot 10^{-6} - 24 \cdot 10^{-18} = 27 \cdot 10^{-6}$;
5. $P_D = 5 \cdot 10^{-5} + 2 \cdot 10^{-6} - (5 \cdot 10^{-5}) \cdot (2 \cdot 10^{-6}) = 5,2 \times 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-10} = 5,2 \cdot 10^{-5}$;
4. $P_G = 5 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-5} - (5 \cdot 10^{-5}) \cdot (5 \times 10^{-5}) \cdot (3 \cdot 10^{-5}) = 13 \cdot 10^{-5}$;
3. $P_B = 13 \cdot 10^{-5} + 5,2 \cdot 10^{-5} - (13 \cdot 10^{-5}) \cdot (5,2 \times 10^{-5}) = 18,2 \cdot 10^{-5}$;
2. $P_B = 5 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-5} - (5 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \times 10^{-5}) = 54 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-7} = 54 \cdot 10^{-5}$;
1. $P_A = 54 \cdot 10^{-5} + 18 \cdot 10^{-5} - (54 \cdot 10^{-5}) \cdot (18,2 \times 10^{-5}) = 72,2 \cdot 10^{-5}$.

№ з/п	Подія	Імовірність $P(t)$
1.	Порушення правил безпеки	$5 \cdot 10^{-4}$
2.	Вихід з ладу компресорної установки	$2 \cdot 10^{-5}$
3.	Виконання ремонту устаткування під час роботи	$4 \cdot 10^{-5}$
4.	Перевищення тиску повітря в балоні	$4 \cdot 10^{-6}$
5.	Механічне пошкодження трубопроводу пневмосистеми	$5 \cdot 10^{-5}$
6.	Механічне пошкодження редуктора трубопроводу пневмосистеми	$5 \cdot 10^{-5}$
7.	Механічне пошкодження редуктора балону	$3 \cdot 10^{-5}$
8.	Відмова запобіжника	$3 \cdot 10^{-6}$
9.	Вихід з ладу підшипника електродвигуна	$2 \cdot 10^{-6}$
10.	Вихід з ладу крильчатки електродвигуна	$1,1 \cdot 10^{-6}$
11.	Відмова кінцевого вимикача	$3 \cdot 10^{-6}$
12.	Зношення постійної муфти	$2,5 \cdot 10^{-6}$
13.	Вихід з ладу підшипника валу колеса компресора	$2 \cdot 10^{-6}$
14.	Вихід з ладу гайки редуктора	$2 \cdot 10^{-6}$
15.	Вихід з ладу прокладки редуктора	$4 \cdot 10^{-4}$
16.	Зношення сальникового ущільнювача	$3 \cdot 10^{-6}$
17.	Експлуатація несправного балона	$2 \cdot 10^{-5}$

Виходячи з розрахунку, можна зробити висновок, що імовірність травмування рятувальника внаслідок виникнення аварійної ситуації з-за порушення герметизації пневмосистеми технічного ручного підйом-

ника, може дорівнювати P_A . Отримане значення P_A є однією із складових, а саме «технічною», при визначенні, у першу чергу, механічних (P_D) і термічних (P_C) травм рятувальників, а також розладів здоров'я, пов'язаних з надмірною фізичною напругою.

А оскільки встановлено, що математична модель визначення ризику травмування рятувальника при проведенні АРР повинна враховувати вплив на його величину, крім «технічної» складової, пов'язаної з напрацюванням на відмову, і «людську», на яку впливають психофізіологічні характеристики відмов (помилки) конкретної або опосередкованої людини, то необхідно у розрахунок вводити і експериментальні значення характеристик безпомилковості середньостатистичної людини, наведені у [2]. Це пов'язане з наданим вище обґрунтуванням відносно того, що не дивлячись на спеціальну підготовку і т. ін. рятувальники працюють у екстремальних умовах при проведенні АРР.

У табл. 2 наведено адаптовані до професійної діяльності рятувальників експериментальні і розрахункові дані [2,8,11,17] щодо імовірності подій, які призводять до заподіяння шкоди їх здоров'ю. А також, як і на рис. 2 (схемі «дерева ризиків») – дві позиції 23 і 24, що стосуються не «технічних», а «людських» чинників впливу на виробничий ризик.

За значеннями імовірності подій $P(t)$, які призводять до заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника, наведеними у табл. 2, і розробленою схемою «дерева ризиків» (рис. 2), можна визначити ризик її виникнення з:

$$1. R = 1 - (1 - P_B) \cdot (1 - P_D) \cdot (1 - P_F) \cdot (1 - P_I) \cdot (1 - P_J) \cdot (1 - P_G) \cdot (1 - P_E) \cdot (1 - P_C);$$

$$2. P_B = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 \cdot P_3;$$

$$3. P_D = P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{25} + P_{26} + P_{27} + P_{28} + P_{29} - P_4 \cdot P_5 \cdot P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \times P_{10} \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{25} \cdot P_{26} \cdot P_{27} \cdot P_{28} \cdot P_{29};$$

$$4. P_F = P_{16} + P_{18} - P_{17} \cdot P_{18};$$

$$5. P_I = P_{21} + P_{30} - P_{21} \cdot P_{30};$$

$$6. P_J = P_{23} + P_{24} - P_{23} \cdot P_{24};$$

$$7. P_G = P_1 = P_6 - P_1 \cdot P_6 \cdot P_{10} \cdot P_{12} \cdot P_{13} \cdot P_{22};$$

$$8. P_E = P_{18} + P_{19} + P_{20} + P_{30} - P_{18} \cdot P_{19} \cdot P_{20} \cdot P_{30};$$

$$9. P_C = P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{18} + P_{19} + P_{20} + P_{30} - P_{14} \times P_{15} \cdot P_{16} \cdot P_{18} \cdot P_{19} \cdot P_{20} \cdot P_{30}.$$

Відповідні розрахунки дають наступні результати:

$$1. P_B = 5 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} - (5 \cdot 10^{-4}) \cdot (2 \times 10^{-4}) \times (2 \cdot 10^{-4}) = 9 \cdot 10^{-4} - 20 \cdot 10^{-12} = 9 \cdot 10^{-4};$$

$$2. P_D = 2 \cdot 10^{-4} + 7,2 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} + 3 \times 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-5} + 3 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4} - (2 \times 10^{-4}) \cdot (7,2 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \times (3 \times 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-5}) \cdot (3 \times 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 10^{-4}) \times (2 \cdot 10^{-4}) = 71,2 \cdot 10^{-4} - 37,12 \cdot 10^{-51} = 71,2 \cdot 10^{-4};$$

$$3. P_F = 3 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 7 \cdot 10^{-4} - 12 \cdot 10^{-8} = 7 \cdot 10^{-4};$$

$$4. P_G = 5 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 8 \cdot 10^{-4} - 15 \times 10^{-8} = 8 \cdot 10^{-4};$$

$$5. P_I = 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} - (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) = 8 \times 10^{-4};$$

$$6. P_J = 2 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4} - (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-4}) = 5 \cdot 10^{-4} - 12 \cdot 10^{-8} = 5 \cdot 10^{-4};$$

$$7. P_C = 5 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} - (5 \cdot 10^{-4}) \cdot (5 \cdot 10^{-4}) \cdot (3 \cdot 10^{-5}) \cdot (4 \times 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) = 56 \cdot 10^{-4} - 192 \times 10^{-17} = 56 \cdot 10^{-4};$$

$$8. P_E = (4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-4}) - (4 \times 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) \cdot (4 \cdot 10^{-4}) = 16 \cdot 10^{-4} - 256 \times 10^{-15} = 16 \cdot 10^{-4}.$$

Таблиця 2

Імовірність подій, що призводять до заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника / The probability of the events leading to the infliction injury of the rescuer

№ з/п	Подія	Імовірність P(t)
1	2	3
1.	Дотик до струмопровідних елементів об'єкта	$5 \cdot 10^{-4}$
2.	Вихід з ладу електрозахисних засобів	$2 \cdot 10^{-4}$
3.	Травмування при використанні ручного електроінструмента	$2 \cdot 10^{-4}$
4.	Травмування при використанні ручного гідравлічного інструмента	$2 \cdot 10^{-4}$
5.	Травмування при використанні ручного пневматичного інструмента	$7,2 \cdot 10^{-4}$
6.	Травмування у результаті падіння при переміщенні на об'єкті	$3 \cdot 10^{-4}$
7.	Травмування внаслідок падіння (обвалу) будівельних конструкцій, елементів устаткування	$3 \cdot 10^{-4}$
8.	Забиття верхніх кінцівок при веденні АРР	$3 \cdot 10^{-4}$
9.	Забиття нижніх кінцівок при веденні АРР	$3 \cdot 10^{-4}$
10.	Травмування при визволенні з-під елементів об'єкта і обладнання постраждалих	$2 \cdot 10^{-4}$
11.	Травмування у процесі підготовки постраждалих до транспортування	$2 \cdot 10^{-4}$
12.	Травмування у процесі транспортування постраждалих	$3 \cdot 10^{-4}$
13.	Дотик до гострих і потрошених елементів конструкцій та устаткування	$3 \cdot 10^{-5}$
14.	Наявність умов для виникнення пожежі	$5 \cdot 10^{-4}$
15.	Наявність умов і джерел вибуху	$5 \cdot 10^{-4}$
16.	Попадання гарячих уламків будівельних конструкцій на засоби індивідуального захисту	$3 \cdot 10^{-5}$
17.	Перевищення ГДК шкідливих речовин у повітрі зони проведення АРР	$5 \cdot 10^{-4}$
18.	Порушення нормативних показників параметрів мікроклімату (високі: швидкість, вологість та температура повітря)	$4 \cdot 10^{-4}$
19.	Наявність джерел теплового опромінення	$4 \cdot 10^{-4}$
20.	Локалізація перевищеного теплового опромінення (ефект багаття)	$4 \cdot 10^{-4}$
21.	Наявність підвищеного рівня шуму	$4 \cdot 10^{-4}$
22.	Порушення характеристик освітлення	$3 \cdot 10^{-4}$
23.	Надмірна фізична напруга з її наслідками	$2 \cdot 10^{-4}$
24.	Наявність психофізіологічних ШНВЧ (незручна робоча поза, монотонність,	$4 \cdot 10^{-4}$

	стрессогенні ситуації, недостатня інформація для виконання АРР і т. ін.)	
25.	Вихід з ладу захисного шолома	$3 \cdot 10^{-4}$
26.	Вихід з ладу захисного прозорого щитка для очей захисного шолому	$2 \cdot 10^{-4}$
27.	Порушення цілісності спецодягу	$4 \cdot 10^{-4}$

28.	Порушення цілісності спецвзуття	$2 \cdot 10^{-4}$
29.	Порушення цілісності захисних рукавиць	$2 \cdot 10^{-4}$
30.	Відмова захисних пристроїв і дихального устаткування	$4 \cdot 10^{-4}$

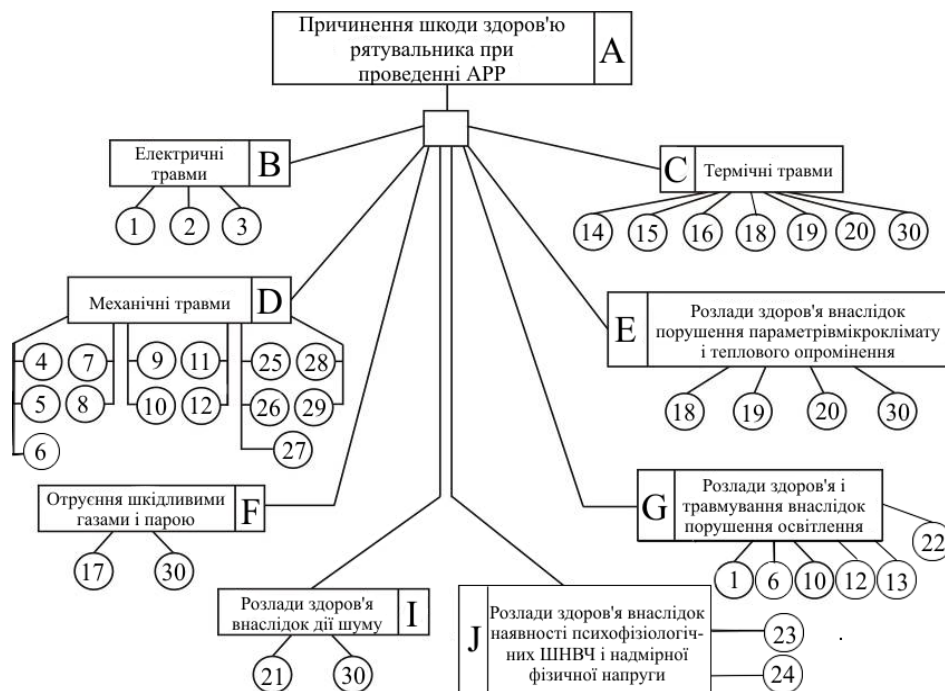


Рис. 2. Схема «дерева ризиків» заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника / Scheme "tree risk" injury lifeguard

Ризик заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника при визначеній імовірності здійснення вказаних вище подій (табл. 2) становить:

$$R = 1 - (1 - 9 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 66 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 7 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 8 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 5 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 8 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 16 \cdot 10^{-4}) \cdot (1 - 11 \cdot 10^{-4}) = 1 - (1 - 0,0009) \cdot (1 - 0,0066) \cdot (1 - 0,0007) \times (1 - 0,0008) \cdot (1 - 0,0005) \cdot (1 - 0,0008) \cdot (1 - 0,0006) \times (1 - 0,0056) = 1 - 0,9991 \cdot 0,9934 \cdot 0,9993 \cdot 0,9992 \times 0,9995 \cdot 0,9992 \cdot 0,9984 = 1 - 0,9879 = 0,0121 = 12,1 \cdot 10^{-3}$$

Тобто, визначена за прийнятими висхідними даними величина ризику показує, що за період наробітку у часі $t = 16000$ год., або 1,86 року при цілодобовій роботі, травмується приблизно 12 рятувальників із 1000 або більше одного із 100.

Наукова новизна і практична значимість

Визначено перелік подій, що призводять до відмов ручного пневматичного підйомника при проведенні АРР, та імовірність їх виникнення з побудовою «дерева відмов» і розрахунком надійності підйомника, обґрунтовано перелік подій, що призводять до заподіяння шкоди здоров'ю рятувальника, визначено

їх імовірність з побудовою «дерева ризиків», вдосконалено математичну модель розрахунку ризику імовірністю «людських» відмов (помилки) поряд з імовірністю «технічних», вперше розраховано виробничий ризик рятувальника

Висновки

У результаті виконаного дослідження встановлено, що імовірність виникнення травмонебезпечної ситуації при роботі рятувальника з використанням ручного пневматичного підйомника, за прийнятими даними, становить $R_A = 7,2 \cdot 10^{-4}$.

Означену величину імовірності виникнення травмонебезпечної ситуації при використанні в умовах АРР ручного пневматичного підйомника враховано у подальшому визначенні виробничого ризику рятувальника у якості самостійної події з 30 прийнятих до розгляду, що у кінцевому результаті дозволило встановити його величину $R = 12,1 \cdot 10^{-3}$, яка свідчить про те, що із кожних 100 рятувальників більше одного може травмуватися упродовж $t = 16000$ год. напруження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білостоцька, В.О. Застосування критерію середнього ризику для оцінки структурних зрушень у кількості нещасних випадків [Текст] / В.О. Білостоцька, А.О. Водяник // Вісник ННДЮП. – Київ: ННДЮП, 2002. - №4. – С. 14 – 17.
2. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере / П.Г. Белов. – Москва: Изд. Центр АГЗ МЧС РФ, 2003. – 512 с.
3. Бодров, В.А. Психология и надежность: человек в системе управления техникой [Текст]/ В.А. Бодров, В.Я. Орлов. - Москва: Ин-т психол. РАН, 1998. – 268 с.

4. Ветров, В. Структура профессионального риска в производственной сфере России [Текст] / В. Ветров, И. Панферова, А. Хрупачев // Охр. Труда и соц. Страхование. – Москва, 1999. - №7. – С. 45 – 47.
5. Водяник, А.О. Про концепцію економічного управління охороною праці та регулювання промислової безпеки [Текст]// Інф. бюл. з охорони праці. Київ: ННДІОП, 2004. - № 3. – С. 7 – 11.
6. Гогіташвілі, Г.Г. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. [Текст] / Г.Г. Гогіташвілі, Є.Т. Карчевські, В.М. Лапін. – Київ: Знання, 2007. – 367 с.
7. Гунченко, О.М. Удосконалення системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 [Текст]/ Гунченко Оксана Миколаївна; СНУ ім. В.Даля, Луганськ, 2007. – 20 с.
8. Денисов, В.Г. Психофизиологические возможности человека-оператора [Текст]/ В.Г. Денисов, А.В. Скрипец, В.Ф. Онищенко. – Київ: Здоров'я, 1980. – 142 с.
9. Інформаційно-аналітична довідка про надзвичайні ситуації в Україні, що сталися впродовж 2015 року. – Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/44615.html#1>.
10. Касьянов, М.А. Дослідження наслідків впливу на людину-оператора фізичної роботи і психічного навантаження [Текст] / М.А. Касьянов, О.О. Андріанова, О.О. Рыбальченко, О.М. Климова, Д.О. Вишневський // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Зб. н. пр. – Луганськ: 2009. – С. 317 – 324.
11. Касьянов, М.А. Дослідження виробничого ризику у ковальсько-пресових цехах. Монографія [Текст]/ М.А. Касьянов, Д.О. Вишневський, І.В. Савченко, О.М. Гунченко. – Луганськ: Вид-во «Ноулдж», 2014. – 224 с.
12. Кокун, О.М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини; психофізіологічний аспект забезпечення діяльності [Текст]/ О.М. Кокун. Монографія. – Київ: Міленіум, 2004. – 265 с.
13. Минько, В.М. Математическое моделирование в управлении охраной труда [Текст]/ В.М. Минько. – Калининград: ФГУНПП «Янтарный сказ», 2002. – 184 с.
14. Небылицин, В.Д. Интересная психология [Текст]/ В.Д. Небылицин. Москва.: Прогресс, 1986. – 440 с.
15. Сафонов, В.В. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей: Навч. посіб. [Текст]/ В.В. Сафонов, А.С. Беліков, В.І. Русін та ін. – Київ: Основа, 2011. – 480 с.
16. Стасюк, В.В. Експтремальні умови та їх вплив на індивідуальні особливості військовослужбовців [Текст] / В.В. Стасюк // Зб. наук. праць ВН НАОУ. – Київ: 2000. – вип. 6. – С. 43 – 49.
17. Kasyanov N. Development of simulation methods for labour protection status indicators/ N. Kasyanov, O. Gunchenko, D. Vishnevskiy // TEKA Com. Mot. Energ, Roin. – OL PAN, Lublin – Lugansk, 2010. Vol. XA. – P. 234 – 242.

REFERENCES

1. Bilostoc'ka V.O. Zastosuvannja kryteriju sered'nogo ryzyku dlja ocinky strukturnykh zrushen' u kil'kosti neshhasnyh vypadkiv / V.O. Bilostoc'ka, A.O. Vodjanyk // Visnyk NNDIOP. – Kyi'v: NNDIOP, 2002. №4. – pp. 14 – 17.
2. Belov P.G. Systemnyj analiz y modelyrovanye opasnykh processov v tehnosfere / P.G. Belov. – Moskva: Yzd. Centr AGZ MChS RF, 2003. – 512 p.
3. Bodrov V.A. Psihologija i nadezhnost': chelovek v sisteme upravlenija tehnikoj / V.A. Bodrov, V.Ja. Orlov. Moskva: In-t psihol. RAN, 1998. – 268 p.
4. Vetrov V. Struktura professional'nogo riska v proizvodstvennoj sfere Rossii / V. Vetrov, I. Panferova, A. Hrupachev // Ohr. Truda i soc. Strahovanie. – Moskva, 1999. №7. – pp. 45 – 47.
5. Vodjanyk A.O. Pro koncepciju ekonomichnogo upravlinnja ohoronoju pracj ta reguljuvannja promyslovoi' bezpeky // Inf. bjul. z ohorony pracj. Kyi'v: NNDIOP, 2004. № 3. – pp. 7 – 11.
6. Gogitashvili G.G. Upravlinnja ohoronoju pracj ta ryzykom za mizhnarodnymy standartamy: Navch. posib. / G.G. Gogitashvili, Je.T. Karchevs'ki, V.M. Lapin. – Kyi'v: Znannya, 2007. – 367 p.
7. Gunchenko O.M. Udoskonalennja systemy upravlinnja ohoronoju pracj na mashynobudivnyh pidprijemstvah: avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : 05.26.01 / Gunchenko Oksana Mykolai'vna; SNU im. V.Dalja, Lugans'k, 2007. – 20 s.
8. Denisov V.G. Psihofiziologicheskie vozmozhnosti cheloveka-operatora / V.G. Denisov, A.V. Skripec, V.F. Onishhenko. – Kiiv: Zdorov'ja, 1980. – 142 p.
9. Informacijno-analitychna dovidka pro nadzvyčajni sytuacii' v Ukraїni, shho stalysja vprodovzh 2015 roku. – Rezhym dostupu: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/44615.html#1>.
10. Kas'janov M.A. Doslidzhennja naslidkiv vplyvu na ljudynu-operatora fizychnoi' roboty i psyhichnogo navantazhennja / M.A. Kas'janov, O.O. Andrianova, O.O. Rybal'chenko, O.M. Klymova, D.O. Vyshnevs'kyj // Resursozberigajuchi tehnologii' vyrobnictva ta obrobky tyskom materialiv u mashynobuduvanni. Zb. n. pr. – Lugans'k: 2009. – pp. 317 – 324.
11. Kas'janov M.A. Doslidzhennja vyrobnyc'hogo ryzyku u koval's'ko-presovyh cegah. Monografija / M.A. Kas'janov, D.O. Vyshnevs'kyj, I.V. Savchenko, O.M. Gunchenko. – Lugans'k: Vyd-vo «Noulidzh», 2014. – 224 p.
12. Kokun O.M. Optimizacija adaptacijnih mozhlivostej ljudini; psihofiziologichnij aspekt zabezpechennja dijalnosti / O.M.Kokun. Monografija. – Kiiv: Milenium, 2004. – 265 p.
13. Min'ko V.M. Matematicheskoe modelirovanie v upravlenii ohranoj truda / V.M. Min'ko. – Kaliningrad: FGUNPP «Jantarnyj skaz», 2002. – 184 p.
14. Nebylicin V.D. Interesnaja psihologija / V.D. Nebylicin. Moskva.: Progress, 1986. – 440 p.
15. Safonov V.V. Inzhenerni rishennja z ohorony pracj pry rozrobci dyploznyh proektiv inzhenerno-budivel'nyh special'nostej: Navch. posib. / V.V. Safonov, A.S. Belikov, V.I. Rusin ta in. – Kyi'v: Osнова, 2011. – 480 p.
16. Stasjuk V.V. Eksptremal'ni umovi ta ih vpliv na individual'ni osoblivosti vijs'kovosluzhbovciv / V.V. Stasjuk // Zb. nauk. prac' VN NAOU. – Kiiv: 2000. – vip. 6. – pp. 43 – 49.
17. Kasyanov N. Development of simulation methods for labour protection status indicators/ N. Kasyanov, O. Gunchenko, D. Vishnevskiy // TEKA Com. Mot. Energ, Roin. – OL PAN, Lublin – Lugansk, 2010. Vol. XA. – pp. 234 – 242.

Статья поступила в редколлегию 23.06.2016