

ІНЖЕНЕРІЯ СЕРЕДОВИЩА ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК : [331.45/46]

А. П. Бочковський
Одеський національний
політехнічний університет

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ СТАНУ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ: ФАКТОРИ, ПРИЧИНИ ТА ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ

В статті, автором запропоновано власну інтерпретацію терміну невизначеність стану ергатичної системи для застосування в галузі охорони праці та промислової безпеки. Проаспектовано дві основних групи факторів невизначеності («людський» та зовнішні фактори), що можуть впливати на результати і режими роботи ергатичної системи. Зазначено, що найбільший вплив на систему та найвищий ступінь невизначеності має «людський фактор». Охарактеризовані причини стохастичної та нестохастичної невизначеності стану ергатичних систем. Визначено, що мінімізація стану невизначеності ергатичної системи можлива лише за умови усунення (мінімізації) факторів стохастичної і нестохастичної природи, що можуть впливати на процес її функціонування у заданому режимі.

Наведені шляхи мінімізації «людського» та зовнішніх факторів в рамках підвищення стабільності та безпеки функціонування ергатичних систем.

Ключові слова: невизначеність, ергатична система, ризик, небезпека, «людський фактор», зовнішні фактори, охорона праці.

В статье, автором предложена собственная интерпретация термина неопределенность состояния эргатической системы, для использования в области охраны труда и промышленной безопасности. Проаспектированы две основные группы факторов неопределенности («человеческий» и внешние факторы), которые могут влиять на результаты и режимы работы эргатической системы. Установлено, что наибольшее влияние на систему и наивысшую степень неопределенности имеет «человеческий фактор». Охарактеризованы причины стохастической и нестохастической неопределенности состояния эргатических систем. Определено, что минимизация состояния неопределенности эргатической системы возможна лишь при условии исключения (минимизации) факторов стохастической и нестохастической природы, которые могут влиять на процесс ее функционирования в заданном режиме.

Приведены пути минимизации «человеческого» и внешних факторов в рамках повышения стабильности и безопасности функционирования эргатических систем.

Ключевые слова: неопределенность, эргатическая система, риск, опасность, «человеческий фактор», внешние факторы, охрана труда.

The own interpretation of the term uncertainty of the state of ergatic system for use in the occupational health and safety sector was suggested by the author in the article. Two main groups of factors of uncertainty ("human" and external factors) that can influence on the results and operation modes of ergatic system were aspected. It was marked that the greatest impact on the system, and the highest degree of uncertainty has the "human factor". Causes of stochastic and unstochastic uncertainty of state of ergatics systems were described. It was determined that the minimization of uncertainty state of ergatic system is possible only provided removal

(minimization) of stochastic and un stochastic factors, that can influence on the process of its functioning in a set mode. The ways to minimize the "human" and external factors in order to increase the stability and safety of ergatics systems were presented.

Keywords: uncertainty, ergatic system, risk, danger, "human factor", occupational safety and health.

Постановка проблеми. Сенс життєдіяльності сучасної людини завжди полягав в створенні комфортного простору свого існування. За багатомісячну еволюцію суспільство пройшло шлях від виготовлених власноруч знарядь праці до складних технічних систем, які майже повністю замінюють труд людини. Однак, незважаючи на складність і високий рівень автоматизації, навіть найсучасніші системи досі не можуть бути самодостатніми, оскільки будь-яка з них потребує в тому чи іншому технологічному аспекті участі людини. Такими аспектами можуть бути керування системою, коригування її дій, обслуговування, ремонт тощо. Іншими словами, людина і технічна система на даному етапі розвитку, не мають можливості повноцінно існувати один без одного, створюючи разом так звані ергатичні системи.

Основною метою, яка ставиться перед розробником під час проектування (створення) будь-якої системи є гарантування її стабільного та безпечного функціонування. Однак статистичні дані, що наведені міжнародною компанією Swiss Re, відносно промислових аварій і катастроф у світі, свідчать про те, що, незважаючи на постійне удосконалення технічних систем, їх кількість тільки за останні 40 років збільшилась в середньому у 4 рази, а соціально-економічні наслідки від негативної дії приблизно в 10 разів [1].

Відповідні ж дані по природним катастрофам у світі ще гірші. За оцінками провідних вчених, які були оголошені у 2014 році, на міжнародному конгресі присвяченому глобальним стратегіям керування ризиками катастроф, до 2050 року кількість природних катастроф у світі може збільшитись майже у 4 рази, а збитки від їх наслідків – майже у 9 разів [2]. Взагалі, за останні 20 років жертвами природних та техногенних катастроф у світі стали близько 3 млн осіб, більше ніж 800 млн осіб постраждали від їх наслідків, причому переважна більшість з них – мешканці країн, що розвиваються [2].

Таку велику кількість загиблих і постраждалих від дії природних і техногенних катастроф можна пояснити декількома причинами. По перше, недосконалою системою заходів і засобів цивільного захисту населення (особливо у країнах, що розвиваються), по друге, недостатнім ступенем інформованості та освіченості людей щодо порядку дій у разі виникнення тієї чи іншої надзвичайної ситуації, по третє, відсутністю (недосконалістю) методик її раннього виявлення, недооцінкою людиною небезпеки, низькою мотивацією щодо власної безпеки та іншими. Однак, все ж таки основною причиною, на думку автора, є раптовість виникнення як природних так і техногенних катастроф, тобто існує момент невизначеності щодо часу, місця їх виникнення, виду катастрофи, а також масштабів наслідків тощо. Зазначена причина відноситься у рівній мірі і до виникнення випадків виробничого травматизму та профзахворювань на підприємствах, оскільки непередбачуваність кінцевого результату дії людини (безпечний результат або навпаки травма, чи вплив на працівника не ідентифікованих шкідливих факторів) викликана саме моментом невизначеності стану ергатичної системи, в межах якої ця людина працює.

Тобто незаперечним є той факт, що зменшуючи зазначені моменти невизначеності, ми зможемо мінімізувати негативні наслідки впливу певних надзвичайних ситуацій, а в деяких випадках попередити їх виникнення, тим самим підвищуючи стабільність і безпеку функціонування ергатичних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці підвищення стабільності і безпеки стану ергатичних систем були присвячені роботи таких вчених як Ліберман А. Н. [3], Райзер В. Д. [4], Вишняков Я. Л. [5] та інших. Однак в дослідженнях

авторів приділено недостатньо уваги аналізу головної причини їх нестабільного функціонування, а саме факторам невизначеності та причинам її виникнення.

Метою даної роботи є аспектація перспективних шляхів мінімізації невизначеності стану ергатичних систем, як об'єкту досліджень.

Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення наступних **завдань**:

- інтерпретація терміну невизначеність в галузі охорони праці та промислової безпеки;
- аспектація факторів невизначеності ергатичних систем;
- характеристика причин виникнення невизначеності;
- перспективні шляхи мінімізації стану невизначеності ергатичних систем.

Виклад основного матеріалу. Небезпека є постійним супутником життєдіяльності сучасної людини. Однак це зовсім не означає, що вона повинна неминуче відбутися, якщо у діях (бездіяльності) людини присутня навіть велика частка ризику її виникнення. І навпаки, коли у таких діях (бездіяльності) ризик мізерно малий, вона може обов'язково настати.

В літературі описано достатньо багато нестандартних випадків виникнення загорянь і пожеж, ризик виникнення яких був майже неможливим.

Інформаційно-аналітична видання по технічним засобам і системам безпеки Security News навела найбільш курйозні випадки виникнення пожеж у 2013 році [6]:

1 Економний господар, впустив в унітаз рулон туалетного паперу та вирішив скористатися мікрохвильовою піччю, щоб його просушити. В печі папір загорівся та викликав пожежу.

2 Громадянин скористався рулоном туалетного паперу в якості підсвічника, результат – виникнення пожежі.

3 Щоб натерти підлогу лляною олією, чоловік вирішив скористатися старою бавовняною білизною. Пролежавши кілька діб, просочена маслом білизна стала осередком самозаймання.

4 Біологічна реакція в горщиках з компостом, залишених на зиму в підвалі, розігріла їх до такої міри, що в приміщенні почалася пожежа.

Реалізації невизначеності у небезпеку сприяли не тільки люди, але і тварини. Так, тліючи цигарку, що впустила людина, підхопив голуб і поніс у гніздо, яке було облаштовано в трубі житлового будинку. В результаті загоряння гнізда виникла пожежа в будинку.

Великий собака, поклавши лапи на кухонний стіл в пошуках їжі, випадково натиснув на важіль тостера – в результаті запалав паперовий пакет з хлібом, залишений зверху пристрою. Інша собака ввімкнула газову плиту, після чого згоріла залишена на конфорках їжа, а за нею і сама кухня.

Причиною масштабної лісової пожежі в штаті Каліфорнія (США, 2008 рік) було визнано непогашене вогнище, що було розведене студентами місцевого коледжу. Завдяки сильному вітру, який почав вирувати в цей день, полум'я поширилося на територію 607 гектарів і знищило більше 200 будинків.

Однак, таких вогнищ кожен день у лісі розпалюють численну кількість разів і пожежа не виникає.

В залежності від збігу обставин, дія (бездіяльність) людини може мати різний результат, що найменше за трьома варіантами:

- 1 Реалізуватись у небезпеку.
- 2 Бути нейтральною.
- 3 Дати позитивний результат (можливо й несподіваний).

В якості прикладу можна навести так званий спосіб «вибухового шиномонтажу», який доволі часто використовують водії в складних умовах, коли поблизу немає професійного обладнання та фахівців. Спосіб полягає у накачці змонтованої автошини

вибухом паливоповітряної суміші, суттю якого є підпал певної кількості бензину (ефіру тощо), який наливають всередину шини. Такий спосіб в залежності від обставин може призвести до серйозної небезпеки травмування людини (в результаті перебільшення кількості бензину або ефіру), може не дати ніякого ефекту (у разі недостатньої кількості такої суміші) або дати позитивний ефект – в результаті вибуху автошину змонтовано на колісний диск (у разі правильного підбору кількості вибухової суміші). Вибуховий спосіб шиномонтажу дозволив врятувати життя багатьох водіїв в умовах крайньої півночі (при температурах мінус 50° С і нижче), коли на відстані сотень кілометрів не має жодного людського поселення, не працюють засоби зв'язку і єдиним шансом вижити є справний автомобіль, який може рухатися далі.

Іншими словами в ризикових діях (бездіяльності) людини є певний момент невизначеності, який при несприятливих умовах (збігу певних обставин) може перетворитися у небезпечну подію чи мати нейтральні або навіть і позитивні наслідки.

Невизначеність зазвичай характеризується недостатністю або відсутністю інформації щодо стану потенційно небезпечного об'єкту в майбутньому, а також впливом на цей об'єкт зовнішніх факторів.

В літературі зустрічаються наступні тлумачення терміну «невизначеність» [6]:

- відсутність або недостатність ясності і (або) впевненості відносно стану об'єкту, що розглядається;
- усвідомлення нестачі знань про поточні події або про майбутні можливості об'єкту;
- відсутність або нестача інформації про об'єкт.

Термін «невизначеність» застосовується для різних об'єктів та в різних галузях науки: метрології, фізиці, математиці, економіці та інших. В даній роботі необхідно уточнити тлумачення зазначеного терміну, яке було би коректним для застосування в галузі охорони праці і промислової безпеки, а саме для ергатичних систем (тут і далі по тексту під ергатичною системою розуміють систему, складовими частинами якої є людина, технічна система і середовище в якому вони взаємодіють).

Таким чином термін «невизначеність стану ергатичної системи» можна інтерпретувати як відсутність (нестача) інформації та (або) впевненості, щодо гарантованого стабільного стану складових ергатичної системи і оточуючого середовища, з яким ці складові взаємодіють в певний момент часу та в просторі (визначення автора).

В процесі функціонування на будь-яку систему впливає багато факторів, які можуть викликати певні невизначеності в режимах та результатах її роботи.

На режими і результати роботи ергатичної системи можуть впливати дві основні групи факторів невизначеності: «людський фактор» та фактори зовнішнього середовища (природні явища в атмосфері, гідросфері, літосфері, фактори виробничого середовища тощо). Зазначені фактори мають різну питому вагу впливу на систему і, як правило, різний ступінь невизначеності.

Найбільший вплив на систему та найвищий ступінь невизначеності має «людський фактор», оскільки людина не тільки є невід'ємним та незмінним елементом ергатичної системи, а і її творцем.

Іншими словами, людина вносить помилки, починаючи з ідеї створення системи і закінчуючи її експлуатацією, які при несприятливому збігу обставин реалізуються у різні небезпеки, котрі в свою чергу можуть привести до деградації природного середовища, а також заподіяти шкоду людині і, як це не парадоксально, закінчитись знищенням цивілізації (рис. 1).

Таким чином, головною задачею, яку необхідно вирішити в процесі створення стабільної та безпечної ергатичної системи, є усунення (мінімізація) факторів невизначеності, які можуть впливати на процес її функціонування в заданому режимі.

За своєю природою такі фактори можуть бути випадковими (фактори стохастичної природи) чи не випадковими (фактори нестохастичної природи).

Фактори стохастичної природи – це фактори, час виникнення яких та їх вплив на майбутній стан ергатичної системи неможливо передбачити та спрогнозувати за тими чи іншими причинами. Такими причинами можуть бути:

- нестача рівня знань на даному етапі розвитку людства (наприклад, на сучасному етапі розвитку науки неможливо передбачити місце та час виникнення землетрусів);
- наявність певних явищ, суть, природу і характеристики яких не можна визначити до кінця;
- поведінкові дії людини, що сформовані під впливом сукупності ознак, які не можна змінювати, виходячи з моральних та етичних міркувань (генотип людини).

Фактори нестохастичної природи – це фактори, час виникнення яких та їх вплив на майбутній стан ергатичної системи можна передбачити (спрогнозувати) за певних умов.

Нестохастична невизначеність стану системи може характеризуватись наступними основними причинами:

- відсутністю та неналежним виконанням вимог щодо безпеки функціонування ергатичної системи;

- поведінковими (фенотипічними) особливостями людини або групи людей (рівнем культури, свідомістю тощо), які входять до складу цієї системи;

- суб'єктивною оцінкою в прогнозуванні майбутнього стану ергатичної системи;

- неможливістю або відсутністю інструментального контролю функціонування складових ергатичної системи.

Такий розподіл є завжди умовним, оскільки еволюційний розвиток людства передбачає поступове накопичення нових знань та умінь, які дозволяють виключати фактори стохастичної природи, що можуть вплинути на стабільність і передбачуваність роботи певної системи. Наприклад, створення автоматизованих систем управління токарним верстатом, дозволило усунути розбіжності (невизначеність) у результатах точності (стабільності) розмірів деталей, що виготовлялись раніше за допомогою ручної праці. Точність ручної праці залежала від досвіду фахівця, стану його психофізіологічного здоров'я тощо. Тобто досягнення безпечної і стабільної роботи ергатичної системи можливо за умов усунення (мінімізації) факторів невизначеності, коли

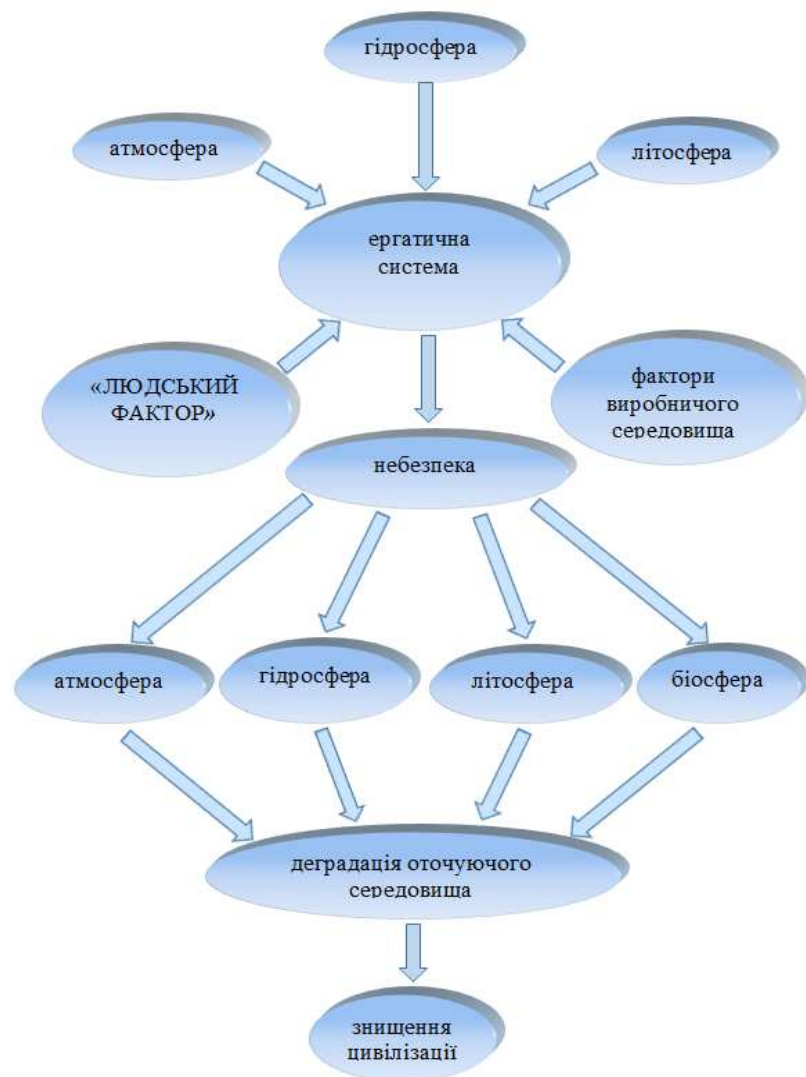


Рис. 1. Характеристика процесу функціонування ергатичної системи під впливом «людського» та зовнішніх факторів

конкретно зрозуміло, які та коли потрібно розробити і впровадити заходи і засоби безпеки. Виходячи же із характеристики причин виникнення невизначеності стану ергатичної системи, можна зробити певний висновок, що на будь-якому етапі розвитку суспільства ми можемо усувати (мінімізувати) лише фактори нестochasticної природи.

В проявах «людського фактору» з точки зору стохастичності природи його проявів спостерігається певний дуалізм.

З одного боку, дії людини, що обумовлені її генотипом та несвідомими (непідконтрольними) реакціями організму за своєю природою є стохастичними, тобто такими, які неможливо передбачити (спрогнозувати) або змінити, навіть маючи необхідні знання та інструменти.

З другого ж, певні (поведінкові) дії людини можна спрогнозувати та коректувати шляхом позитивних змін нестochasticних за своєю природою інформаційної та соціальної складових «людського фактору». Зазначені складові були детально описані і проаналізовані автором в рамках попередніх досліджень [7].

Існуючі взаємозв'язки між інформаційною, соціальною та біологічною складовими (мається на увазі фенотипічні поведінкові ознаки людини) [7], дозволять тим самим змінити (мінімізувати) невизначеність всієї ергатичної системи (рис. 2).

Зовнішні фактори, що впливають на стан невизначеності ергатичної системи можна поділити на дві групи:

- 1 Природні.
- 2 Виробничого середовища.

За причиною невизначеності, природні фактори можуть бути як стохастичної природи, так і нестochasticної.

Стохастична невизначеність певних факторів природного середовища (природних явищ) обумовлена слабким прогнозуванням їх характеристик (часу, місця виникнення, потужності впливу тощо). Однак характеристики деяких з них (наприклад, метеорологічні умови) сучасні наукові методи дозволяють відносно точно спрогнозувати. Тому такі фактори за своєю природою можна віднести до нестochasticних.

Наведений умовний розподіл, дозволяє робити певні прогнози відносно мінімізації впливу таких факторів на стан невизначеності ергатичної системи та передбачати і ефективно впроваджувати в

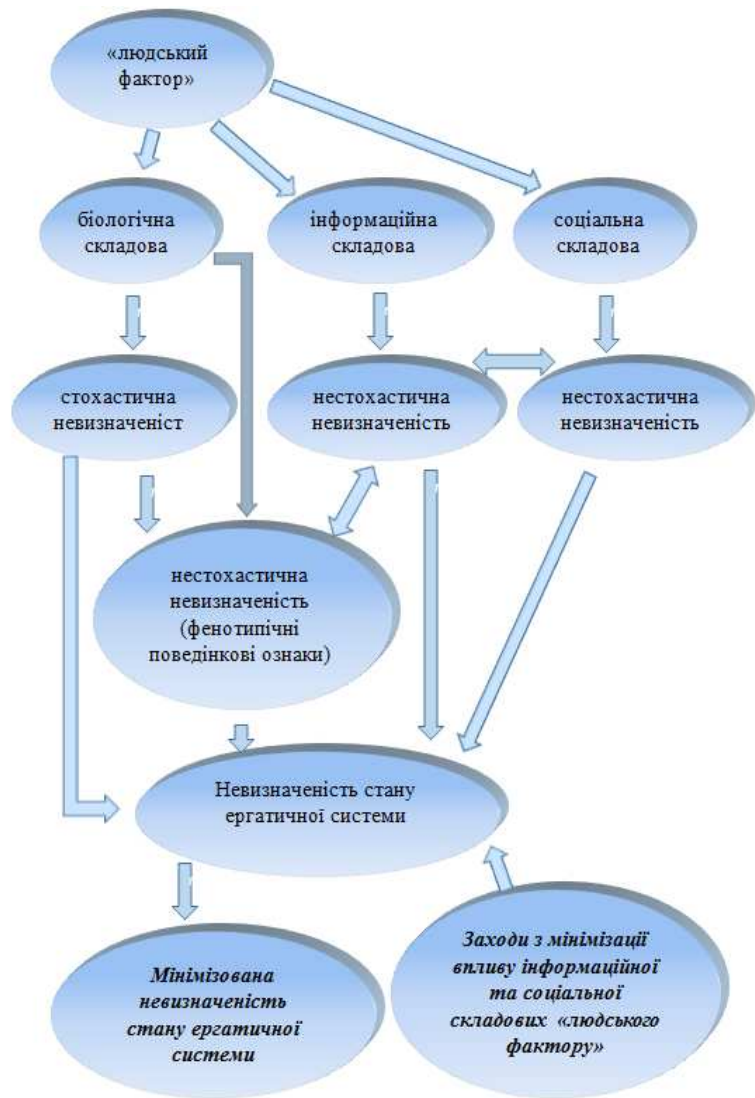


Рис. 2. Характеристика впливу «людського фактору» на стан невизначеності ергатичної системи

системах управління охороною праці на підприємствах конкретні заходи захисту від їх шкідливої дії.

Фактори виробничого середовища можна віднести до факторів нестохастичної природи, оскільки вони характеризуються не тільки прогнозованістю впливу (за наявності певних умов), але і піддаються досить чіткому коригуванню та управлінню (рис. 3).

Так, мікрокліматичні показники виробничого середовища можна коригувати за допомогою автоматизованих систем керування мікрокліматом, освітленість робочих поверхонь у різних зонах – за рахунок застосування датчиків рівня освітленості, автоматичних жалюзі тощо, рівні запиленості та загазованості повітря робочої зони – за допомогою датчиків, газоаналізаторів, а також систем аспірації та вентиляції і таке інше.

Прикладом застосування такого підходу може слугувати так звана автоматизована система «розумний будинок», яка чітко програмується на досягнення та підтримку заданих людиною параметрів, а також живиться від незалежних (від загальної системи електропостачання) джерел енергії (генераторів, джерел безперебійного живлення тощо).

Висновки:

1 Термін «невизначеність стану ергатичної системи» можна інтерпретувати як відсутність (нестача) інформації та (або) впевненості, щодо гарантованого стабільного стану складових ергатичної системи та оточуючого середовища, з яким ці складові взаємодіють в певний момент часу і в просторі.

2 На режими і результати роботи ергатичної системи можуть впливати дві основні групи факторів невизначеності: «людський фактор» і фактори зовнішнього середовища (природні та виробничого середовища).

3 Основними причинами виникнення стохастичної невизначеності є:

- нестача рівня знань на даному етапі розвитку людства (наприклад, на сучасному етапі розвитку науки неможливо передбачити місце та час виникнення землетрусів);

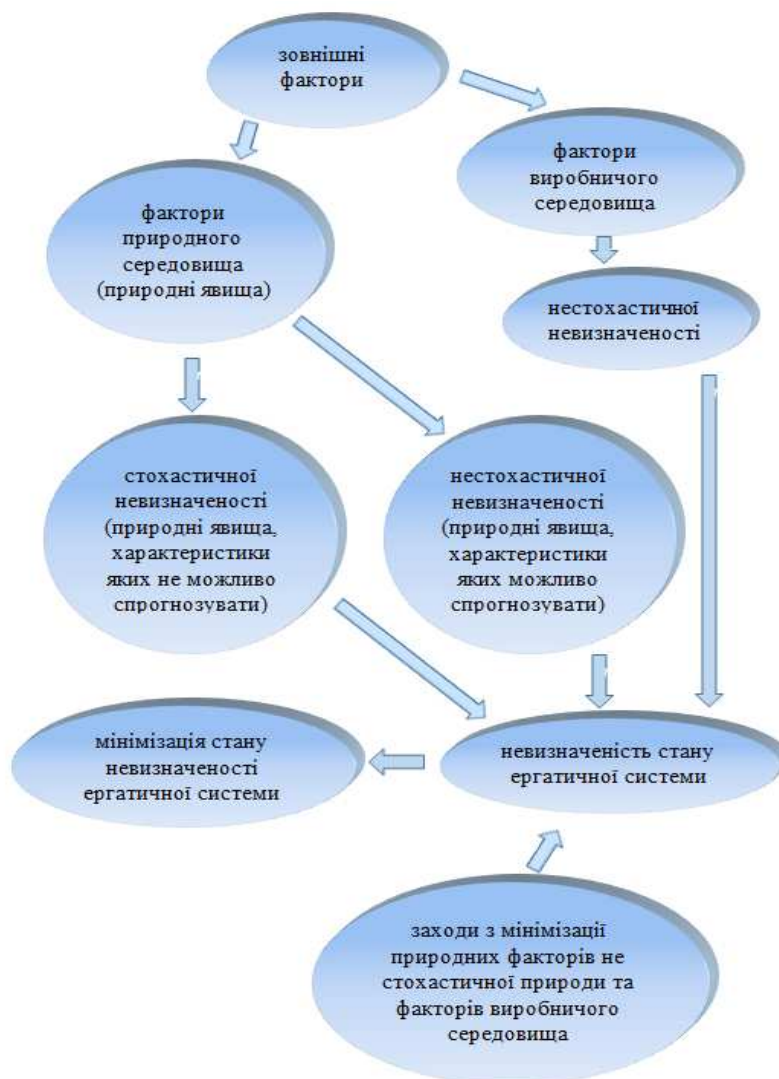


Рис. 3. Характеристика впливу зовнішніх факторів на стан невизначеності ергатичної системи

- наявність певних явищ, суть, природу і характеристики яких не можна визначити до кінця;

- поведінкові дії людини, що сформовані під впливом сукупності ознак, які не можна змінювати, виходячи з моральних та етичних міркувань (генотип людини).

4 Нестохастична невизначеність стану системи може характеризуватись наступними основними причинами:

- відсутністю та неналежним виконанням вимог, щодо безпеки функціонування ергатичної системи;

- поведінковими (фенотипічними) особливостями людини або групи людей (рівнем культури, свідомістю тощо), які входять до складу цієї системи;

- суб'єктивною оцінкою в прогнозуванні майбутнього стану ергатичної системи;

- неможливістю або відсутністю інструментального контролю функціонування складових ергатичної системи.

5 Досягнення безпечної і стабільної роботи ергатичної системи можливо за умов усунення (мінімізації) нестохастичних факторів невизначеності.

6 Мінімізація впливу «людського фактора» можлива лише за умови позитивних змін його інформаційної та соціальної складових.

Література

- 1 Електронний ресурс: <http://forinsurer.com/>.
- 2 Електронний ресурс: <http://ria.ru/>.
- 3 Либерман А. Н. Техногенная безопасность: человеческий фактор//СПб., 2004, 101с.
- 4 Райзер В. Д. Общие принципы обеспечения надежности и безопасности уникальных объектов в экстремальных условиях. (Рукопись.) // М., 1996, 17 с.
- 5 Вишняков Я. Л. Управление рисками и безопасностью. // «Менеджмент в России и за рубежом». 1998, № 3.
- 6 Електронний ресурс: <http://www.secnews.ru/foreign/19525.htm#axzz3ZpW11YpH>.
- 7 Електронний ресурс: http://dic.academic.ru/dic.nsf/econ_dict/18626.
- 8 Бочковський А. П. «Людський фактор та ризик виникнення небезпек: випадковість чи закономірність». (Монографія) // Одеса: Юридична література, 2015. – 136 с.

© А. П. Бочковський

*Надійшла до редакції 28 квітня 2016 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. М. Семчук*