

ДВНЗ «ПДТУ»

Лекція на тему «Енергетичні параметри ризиків»

Мета лекції: Розглянути концепцію оцінки ризиків через призму енергетичних параметрів, застосувати поняття з термодинаміки та продемонструвати практичне застосування цього підходу

План

Вступ

1. Розуміння енергетичної складової ризиків
 - 1.1 Термодинамічний підхід до оцінки ризиків
 - 1.2 Концепція ентропії як міри невизначеності та ризику
 - 1.3 Застосування основних термодинамічних параметрів при оцінці ризиків
2. Температура, як важливий енергетичний параметр, який необхідно враховувати при оцінці ризиків.
 - 2.1 Вплив температури на зміни фізичних властивостей речовин
 - 2.2 Вплив температури на зниження міцності матеріалів
 - 2.3 Вплив температури на екологічні ризики.
 - 2.4 Заходи щодо запобігання ризиків від зміни температури
3. Напрямки застосування енергетичного підходу до оцінки ризиків

Висновки

Ресурси та література

1. Розуміння енергетичної складової ризиків.

1.1. Термодинамічний підхід до оцінки ризиків

Важливе значення має точка зору на ризики з позиції енергетичної складової. Енергетика надає дослідникам глибокий інструментарій для аналізу ризиків. Енергія є рушійною силою ризиків. Різні види енергії (теплова, хімічна, ядерна, електрична тощо) можуть бути джерелами ризиків. Наприклад, теплова енергія може спричинити пожежі, хімічна – вибухи, а ядерна – радіаційні забруднення. Ризики часто виникають під час перетворення одного виду енергії в інший. Наприклад, під час згоряння палива хімічна енергія перетворюється на теплову, що може призвести до перегріву обладнання та виникнення пожежі. Чим вища концентрація енергії в системі, тим більший потенціал для виникнення небезпечних ситуацій. Наприклад, високий тиск газу в балоні створює потенційну загрозу вибуху. Зазвичай, коли ми говоримо про оцінку ризику, то маємо на увазі такі параметри, як ймовірність, наслідки, час реагування тощо. Але цінні інструменти для аналізу ризиків можна отримати при використанні енергетичних параметрів, а саме - термодинамічних.

Термодинаміка, як наука про енергію та її перетворення, надає нам розуміння процесів утворення ризиків з позицій енергії, ентропії, термодинамічної рівноваги. Системи, що перебувають у термодинамічній рівновазі, зазвичай є більш стабільними і менш схильними до виникнення ризиків, в той час внаслідок збурення термодинамічної рівноваги зростають ризики. Наприклад, землетрус може збурити геологічні процеси і призвести до виникнення цунамі або вулканічних вивержень. Після збурення система повертається до рівноваги з певною швидкістю. Чим повільніше встановлюється рівновага, тим більша ймовірність виникнення негативних наслідків. Аналіз термодинамічних процесів дозволяє оцінити надійність

роботи обладнання і систем, прогнозувати розвиток аварійних ситуацій і розробляти заходи щодо їх попередження, оптимізувати технологічні процеси, зменшуючи споживання енергії і знижуючи ризики.

1.2. Концепція ентропії як міри невизначеності та ризику

Зміни в енергетичному стані системи можуть призвести до непередбачуваних наслідків. Але мірою того, наскільки рівномірно розподілена енергія в системі є ентропія. Ентропію розповсюджено розглядають як міру нестабільності, міру безладу або невизначеності в системі, хаосу (Рис 1) [1].

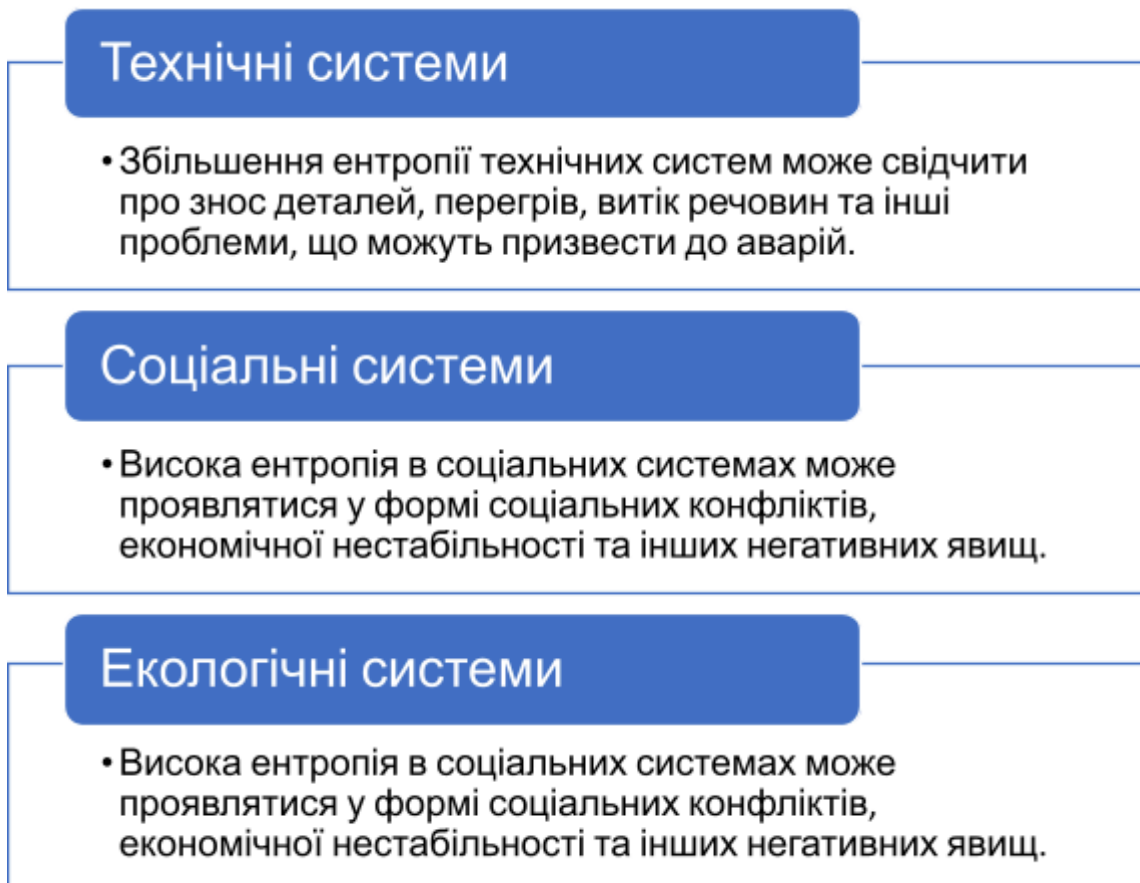


Рисунок 1 - Вплив підвищення ентропії в різних системах

Чим вища ентропія системи, тим менш передбачуваною вона є. Розглянемо ядерний реактор. Під час ядерної реакції відбувається виділення великої кількості енергії, що призводить до підвищення температури і тиску всередині реактора. Якщо системи охолодження вийдуть з ладу, ентропія системи різко зросте, що може призвести до неконтрольованої ядерної реакції. Збільшення ентропії може свідчити про зростання ризику. Чим більша ентропія системи, тим більший безлад і менше інформації ми маємо про її стан. Системи з високою ентропією більш схильні до непередбачуваних змін і, отже, несуть в собі більший ризик.

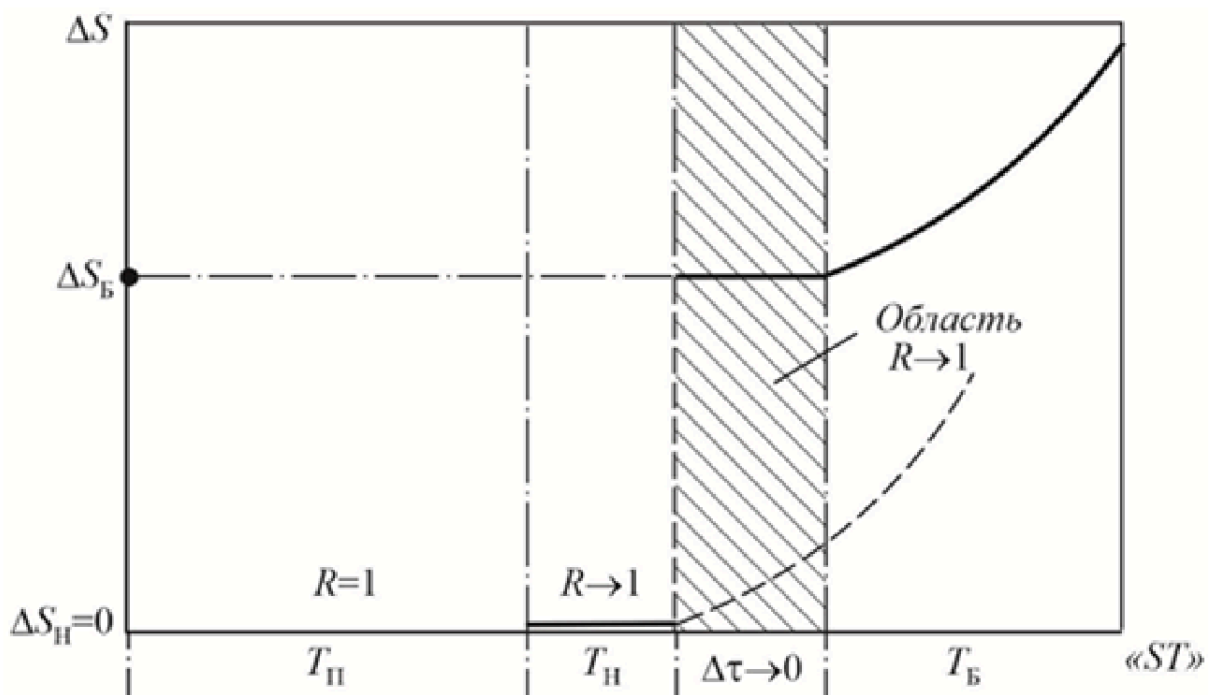


Рисунок 2 – Передбачувана ентропія ризику у відносинах часу "ST" та подійного "SS" вимірювань [2].

У спрощеному варіанті збільшення ентропії системи ΔS – кількісна міра неупорядкованого стану, яка визначається кількістю допустимих подій (C), що відносяться до системи як $\Delta S = k \ln C$. Ентропія системи більша, коли більш

допустимі варіанти його станів, передбачені з майбутнього та пов'язаних з ними подій, які визначають ці стани, що передують сьогоденню. Існують багато способів кількісної оцінки ентропії системи.

Найчастіше для оцінки ентропії системи використовується формула Шеннона [3]:

$$S = -\sum p(x) * \log_2 p(x) , \quad (1)$$

де S - ентропія системи (Дж/К), яка вимірює кількість енергії, яка розподіляється в системі при зміні температури на один кельвін;

$p(x)$ – ймовірність того, що система перебуває в стані x .

Низька ентропія вказує на більш впорядкований стан системи, де передбачити її поведінку легше. Це знижує ризик несподіваних подій.

Приклад: Уявіть собі склянку з гарячою водою. Молекули води рухаються хаотично, що відповідає високій ентропії системи. Якщо ми додаємо холодну воду, система намагатиметься досягти рівноваги, що може призвести до непередбачуваних коливань температури. Цей процес можна розглядати як аналог розвитку події, яка може призвести до небезпечної ситуації (наприклад, опіку).

Термодинамічна рівновага оцінює здатність системи досягати стану покою x , $p(x)$ (формула 1), коли всі її характеристики, такі як температура, тиск, об'єм та хімічний склад, залишаються незмінними протягом тривалого часу. В цьому стані покою не відбуваються макроскопічні зміни. Відхилення від термодинамічної рівноваги може свідчити про наявність нестабільності в системі та підвищенні ризику. Термодинамічний підхід дозволяє оцінити ризик виникнення небезпечних подій на основі аналізу стану системи і її змін в часі. Використання термодинамічних параметрів, таких як температура, тиск і ентропія, дозволяє отримати кількісні оцінки ризику і розробити ефективні заходи щодо його зниження

1.3. Застосування основних термодинамічних параметрів при оцінці ризиків

Термодинамічні параметри – це фізичні величини, які описують стан системи. Вони взаємопов'язані між собою і можуть бути використані для прогнозування поведінки системи в різних умовах. Цей зв'язок є ключовим при оцінці ризиків, оскільки дозволяє передбачити потенційні небезпеки та розробити заходи безпеки.

Вивчення основних термодинамічних параметрів та їх застосування при оцінці ризиків дає нам глибоке розуміння фізичних, хімічних процесів, дозволяє зрозуміти, як енергія перетворюється, розподіляється і впливає на стан системи.

Розглянемо основні термодинамічні параметрами, які можуть застосовуватись при оцінці ризиків та впливати на їх утворення та перебіг (Табл.1)

Таблиця 1. Основні термодинамічні параметрами, що можуть бути застосовані при оцінці ризиків

Параметр	Од. виміру	Опис параметру	Вплив на ризик
Температура (Т)	°С	Показує наскільки сильно рухаються частинки речовини. Чим вища температура, тим швидше рухаються частинки.	Підвищення температури може призвести до деформації матеріалів, вибухів, пожеж та інших небезпечних явищ.

Тиск (P):	Па, мм. рт. рт., бар, атм	Сила, з якою речовина діє на одиницю площі.	Зміна тиску може призвести до руйнування конструкцій, вибухів, витоків шкідливих речовин.
Об'єм (V):	м ³	Простір, який займає речовина	В комплексі з іншими параметрами
Внутрішня енергія (U):	Дж	Загальна кінетична та потенціальна енергія частинок, що складають систему.	Зміна внутрішньої енергії системи може призвести до фазових переходів, хімічних реакцій та інших процесів, що несуть у собі ризики.
Ентропія (S):	Дж	Міра безладу в системі. Чим більша ентропія, тим менше ми знаємо про стан системи.	Висока ентропія системи свідчить про її нестабільність та підвищений ризик.
Ентальпія (H):	Дж	Це сума внутрішньої енергії системи та добутку тиску на об'єм	Зміна ентальпії при хімічних реакціях може супроводжуватися виділенням теплоти, що може призвести до пожеж або вибухів.
Вільна енергія Гіббса (G):	Дж	Використовується для опису систем	Цей параметр дозволяє оцінити спонтанність

		при постійному тиску і температурі.	процесів і передбачити напрямок їхнього протікання.
--	--	-------------------------------------	---

Знаючи термодинамічні характеристики системи, ми можемо прогнозувати, як вона буде поводитися в різних умовах, навіть передбачати можливі аварії, катастрофи та інші негативні події. Наприклад, для запобігання вибухів в хімічних виробництвах необхідно контролювати температуру і тиск реакційної суміші.

2. Температура, як важливий енергетичний параметр, який необхідно враховувати при оцінці ризиків

2.1. Вплив температури на зміни фізичних властивостей речовин

Температура – це один з найважливіших термодинамічних параметрів, який може суттєво впливати на виникнення різних ризиків. Її зміни можуть призводити до фазових переходів речовин, зміни швидкості хімічних реакцій, деформації матеріалів тощо. Існують різні механізми впливу температури на виникнення станів невизначеності, ризикових ситуацій. Так, при підвищенні температури можуть відбуватися фазові переходи, зміни агрегатного стану речовин(випаровування, плавлення), змінюватися фізичні властивості речовин, наприклад, в'язкості (Рис.3), що може вплинути на роботу насосів, трубопроводів та іншого обладнання.

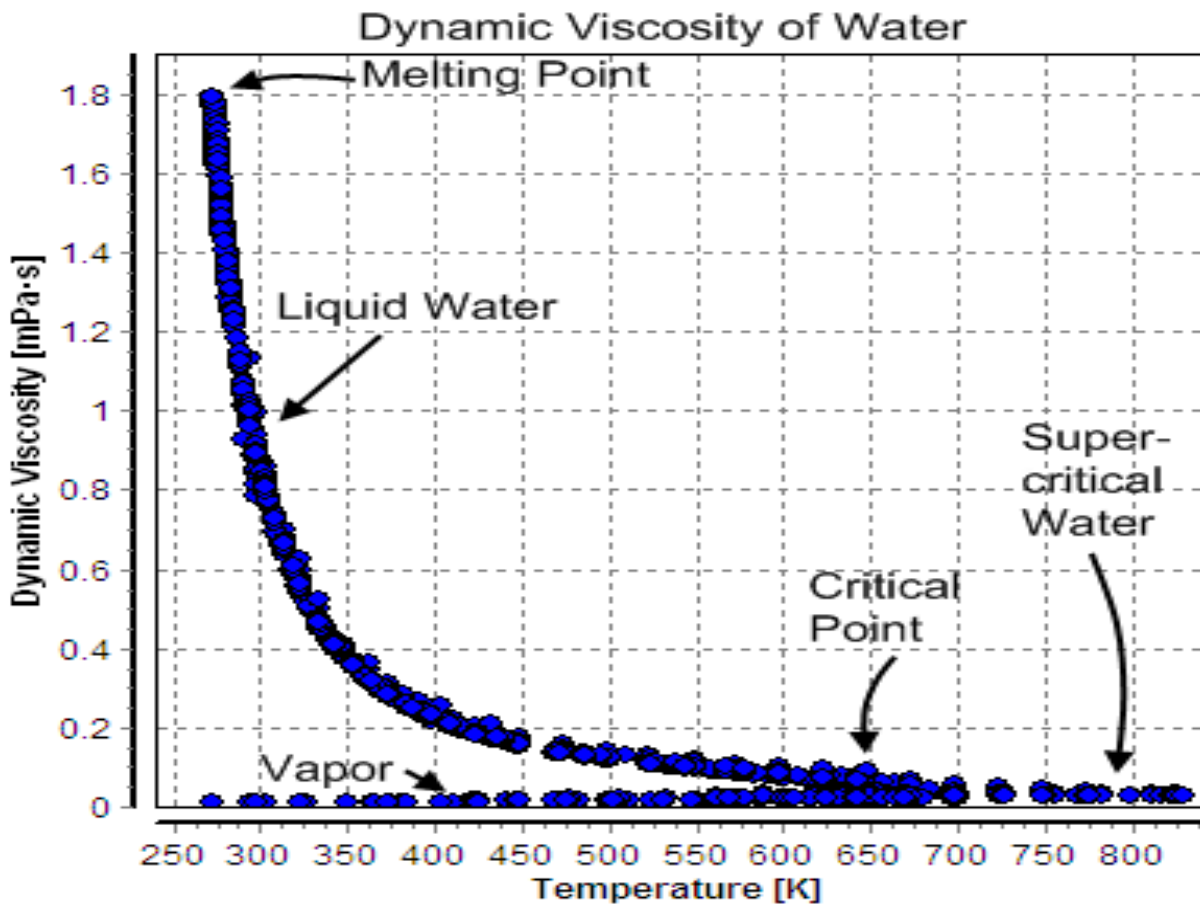


Рисунок 3 - Температурна залежність динамічної в'язкості води у рідкому стані (Liquid Water) та у вигляді пари (Vapor) [Dynamic Viscosity of Water - В'язкість — Вікіпедія](#)

Збільшення швидкості хімічних реакцій також може відбуватися внаслідок нагрівання, що може призвести до прискорення небажаних реакцій, таких як окислення, розкладання та горіння.

2.2. Вплив температури на зниження міцності матеріалів та інші ризики

Зміни та різькі коливання температури впливають на міцність матеріалів, сприяючи їх руйнуванню. Це відбувається так, що при підвищенні

температури атоми в кристалічній решітці починають інтенсивніше коливатися навколо своїх положень рівноваги, що послаблює міжатомні зв'язки. Крім того, з підвищенням температури зростає швидкість дифузії атомів, що може призвести до утворення і зростання дефектів у кристалічній решітці, таких як вакансії та дислокації. Ці дефекти також знижують міцність матеріалу, а при високих температурах можуть з'являтися й нові механізми деформації, такі як повзучість, що поступово деформують матеріалу під дією постійного навантаження. При тому на характер руйнування також впливає температура. Так при низьких температурах багато матеріалів руйнуються крихко, тобто без помітного пластичного деформування. З підвищенням температури характер руйнування може змінитися на в'язкий, що супроводжується значною пластичною деформацією перед руйнуванням.

Все це може створювати умови для виникнення аварій, катастроф та інших негативних подій.

Розглянемо приклади, як ще температура може впливати на ризики.

- Пожежі: Підвищення температури може призвести до самозаймання горючих матеріалів, особливо в умовах недостатньої вентиляції.
- Вибухи: Багато речовин при нагріванні розкладаються з виділенням газів, що може призвести до підвищення тиску в закритому об'ємі і вибуху.
- Деформації матеріалів: Зміна температури може призводити до розширення або стискання матеріалів, що може спричинити деформації конструкцій і обладнання.
- Порушення технологічних процесів: Зміна температури може порушити технологічні процеси, призвести до зниження якості продукції або виходу обладнання з ладу.
- Природні катастрофи: Зміна температури може впливати на кліматичні умови, сприяючи виникненню екстремальних погодних явищ, таких як посухи, повені, урагани.

2.3. Вплив температури на екологічні ризики

Температура є одним з важливих енергетичних параметрів, що можуть бути застосовані при оцінці ризиків, й яка прямо або опосередковано впливає як на окремі технологічні процеси так й на довкілля в цілому. Підвищення температури довкілля внаслідок антропогенної діяльності на природне середовище призводить до підвищення екологічних ризиків [4]. Температура, як енергетичний параметр ризику, є лімітуючим абіотичним фактором як для багатьох компонентів екосистем (Рис 4.).

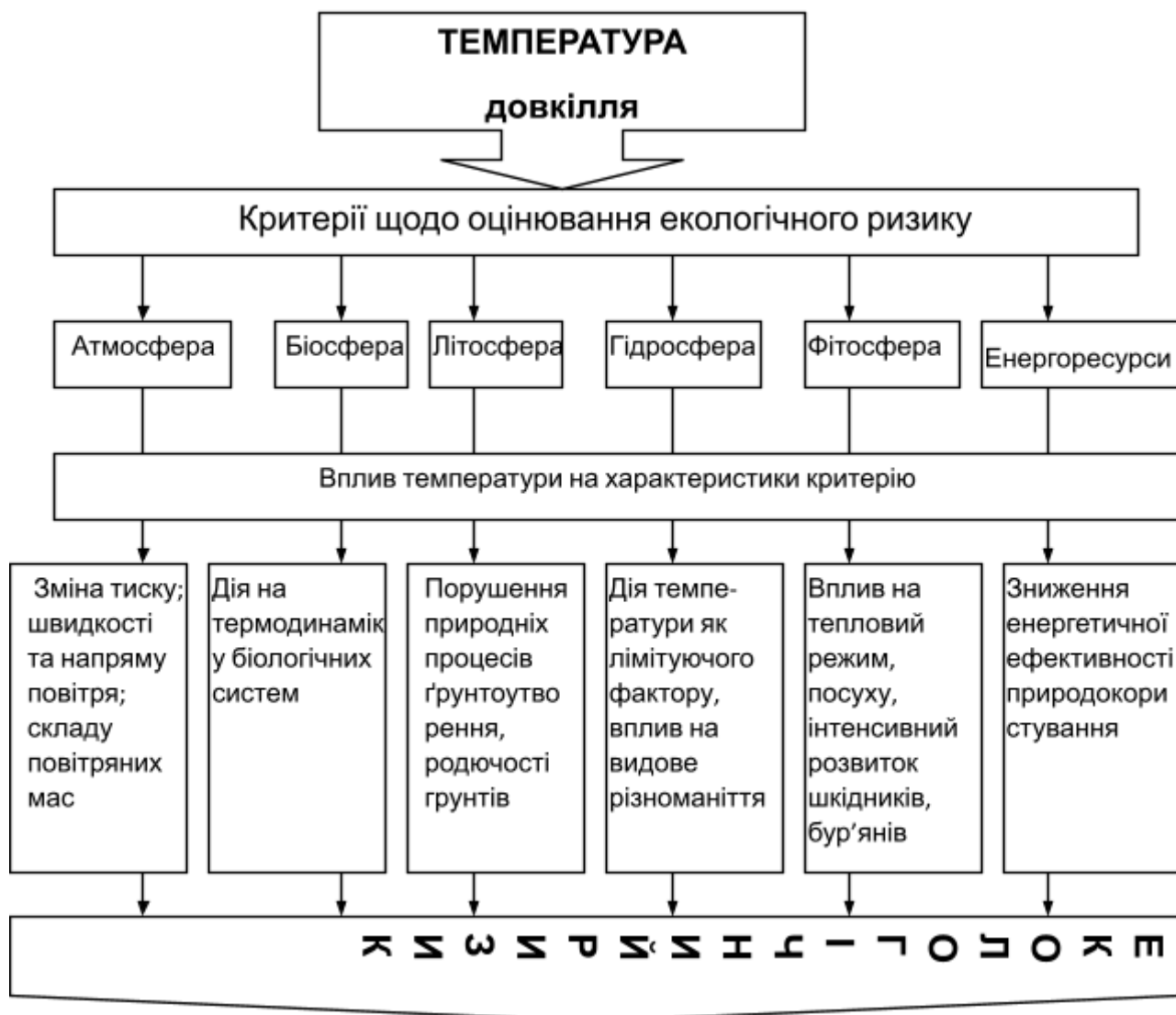


Рисунок 4. Вплив температури, як абіотичного фактору навколишнього

середовища на оцінку екологічного ризику транспортно-технологічних систем[4].

На Рис 4. представлено вплив температури, як абіотичного фактору довкілля на характеристики критеріїв, що використовуються для оцінки екологічного ризику транспортно-технологічних систем на багатокритеріальній основі.

Для обраних факторів навколишнього середовища (атмосфера, біосфера, літосфера, гідросфера, фітосфера, енергоресурси) обираються однойменні критерії та за участю експерта, що приймає рішення, та визначається екологічний ризик на багатокритеріальній основі [4,5].

2.4 Заходи щодо запобігання ризиків від зміни температури

Запобігати ризикам, пов'язаним з температурою, можна виходячи з розуміння природи та спрямованості їх дії. Необхідно контролювати температуру термодатчиками та системами автоматичного регулювання для підтримання оптимальної температури в технологічних процесах. Застосування теплоізоляційних матеріалів зменшує теплові втрати і запобігає перегріву обладнання. Забезпечення достатньої вентиляції для відведення теплової енергії і запобігає накопиченню горючих газів. Дотримання правил пожежної безпеки, використання вогнегасників та інших засобів пожежогасіння знижує можливі збитки від пожеж. Регулярний технічний огляд обладнання дозволяє вчасно виявити дефектів і своєчасно їх усунути. Розуміння механізмів впливу температури на різні процеси дозволяє розробляти ефективні заходи безпеки і запобігати виникненню аварій.

3. Напрямки застосування енергетичного підходу до оцінки ризиків

Визначити рівень ризику за використанням енергетичних параметрів доречно при застосуванні експертного підходу. Він полягає в застосуванні моделювання на багатокритеріальній основі імовірності виникнення ризику під впливом змін енергетичних параметрів процесів, враховуючи внутрішні зв'язки між різними об'єктами та процесами за участю експерта, тобто досвідченої особи, що приймає рішення [5]. При використанні параметрів з Табл. 1 та Рис.2 для оцінки ризику необхідно, перш за все, створити математичну модель процесу, яка врахує всі релевантні термодинамічні параметри. Потім необхідно зробити аналіз чутливості показників процесу або технології, визначити, як зміна кожного параметра впливає на ймовірність виникнення аварійної ситуації (Табл.2). Далі визначаємо граничні умови, значення параметрів, у яких система стає нестабільною.

Нажаль прямого математичного виразу, який би однозначно пов'язував термодинамічні параметри (температура, тиск, ентропія) з кількісно визначеним ризиком, відсутній. Це пов'язано з тим, що поняття "ризик" є більш комплексним і включає в себе не тільки фізичні, але й соціальні, економічні та інші фактори. Однак, можна встановити якісний зв'язок між цими параметрами та потенційним ризиком.

Таблиця 2 Аналіз впливу енергетичних параметрів на оцінку ризику

Вид ризику	Аналіз енергетичних параметрів, що впливають
Оцінка ризику вибуху	Аналіз змін температури, тиску та внутрішньої енергії в системі дозволяє оцінити ймовірність вибуху
Оцінка ризику пожежі	Аналіз теплових процесів, що відбуваються в матеріалах,

	дозволяє визначити умови, за яких може виникнути пожежа
Оцінка ризику хімічних реакцій	Аналіз змін ентальпії та вільної енергії Гіббса дозволяє передбачити можливість самодовільних хімічних реакцій
Оцінка ризику екологічних катастроф	Аналіз термодинамічних процесів, що відбуваються в природних системах, дозволяє оцінити ризик виникнення таких катастроф, як повені, землетруси, виверження вулканів

Ці параметри тісно взаємопов'язані. Наприклад, підвищення температури зазвичай супроводжується збільшенням тиску і ентропії. Зміна одного параметра може призвести до зміни інших, що може спровокувати ланцюгову реакцію і призвести до аварії. Розглянемо на конкретному прикладі, як енергетичні термодинамічні параметри можуть використовуватися для оцінки ризиків.

В кожному окремому випадку технології або виробництва необхідно базуватися на тих енергетичних параметрах, що мають першочергове значення (таблиця 3).

Таблиця 3. Приклади застосування енергетичних параметрів для оцінки ризиків

Об'єкт дослідження	Енергетичні параметри для оцінки ризику
--------------------	---

Атомні електростанції	Оцінка ризику ядерної аварії ґрунтується на аналізі таких параметрів, як температура теплоносія, тиск у контурі, швидкість нейтронів.
Вибухи в шахтах	Аналіз температури, концентрації горючих газів та джерел запалювання дозволяє оцінити ризик вибуху
Пожежі	Оцінка пожежної небезпеки матеріалів ґрунтується на аналізі їх теплофізичних властивостей, температури самозаймання та швидкості поширення полум'я

Застосування енергетичного підходу до оцінки ризиків має низку **переваг**, таких як : комплексність, що дозволяє врахувати вплив на ризик широкого спектру факторів; об'єктивність, яка засновується на кількісних методах і дозволяє отримати більш точні результати; універсальність, що дозволяє застосувати підхід до різних типів ризиків. При достатній кількості вихідних даних, термодинамічних параметрів, можливо отримати точні числові характеристики ризику, що сприяє ранньому виявленню небезпеки , дозволяє виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях та розробляти ефективні системи безпеки.

Існує й ряд **обмежень**, пов'язаних з необхідністю використовувати глибокі знання з термодинаміки і математичного моделювання, що ускладнює застосування енергетичних параметрів для оцінки ризику, моделі можуть мати недостатню точність за відсутності даних про всі необхідні параметри. Крім того, не всі ризики можна повністю описати лише за допомогою

термодинамічних параметрів, бо енергетичні параметри не враховують всіх факторів, що впливають на ризик (наприклад, людський фактор).

Висновки

1. Розуміння енергетичних процесів є ключовим для оцінки ризиків. Термодинаміка надає нам потужний інструментарій для аналізу причин виникнення ризиків, їх розвитку і наслідків. Застосування термодинамічних принципів дозволяє розробляти більш ефективні стратегії управління ризиками в різних сферах діяльності людини. Використання енергетичних параметрів до оцінки ризиків є перспективним напрямком досліджень, що дозволяє отримати більш повну і об'єктивну картину ризиків.

2. Термодинаміка може бути потужним інструментом для оцінки ризиків, особливо в галузях, де важливу роль відіграють енергетичні процеси. Однак, її застосування вимагає комплексного підходу і врахування інших факторів, таких як соціальні, економічні та політичні.

3. Хоча ентропія не є прямим мірилом ризику, вона є корисним інструментом для його оцінки. Поєднуючи аналіз ентропії з іншими методами, можна отримати більш повну картину потенційних загроз і розробити ефективні заходи безпеки.

Ресурси та література

1. Cover, T. M., & Thomas, J. A. (2006). Elements of information theory (2nd ed.). Wiley-Interscience. Print ISBN:9780471241959 |Online ISBN:9780471748823 |DOI:10.1002/047174882X
2. Voloshyn V.S. Models of event risks from the point of view of system's entropy" Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць.

- Вип. 43. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2021. – 153-159 с. – (Технічні науки). –Режим доступу: <https://doi.org/10.32782/2225-6733.43.2021.3>.
https://www.researchgate.net/publication/286050523_Boltzmann_entropy_of_the_dynamics_versus_Shannon_entropy_of_information_theory
4. Хлестова О.А. Визначення екологічного ризику транспортно-технологічної системи на багатокритеріальній основі з урахуванням температурного фактору/ О.А. Хлестова // Матеріали 1 міжнародної наукової конференції «Актуальні проблеми безпеки на транспорті, в енергетиці, інфраструктурі», 8-11 вересня 2021 р., м. Херсон.- с.398-401
5. Хлестова О.А Підвищення ефективності транспортно-технологічної схеми доменного виробництва: дис. канд. наук: 05.22.12: захищена 27.04.15: затв. 12.05.15/О.А. Хлестова.- Дніпропетровськ, 2015.-172 с.