

формується шляхом агрегування показників ефективності по всіх функціональних напрямках, причому кожен функціональний блок являє собою окрему підсистему індикаторів [3, с. 19].

Ключовою перевагою ресурсно-функціонального підходу є його комплексність, що дозволяє оцінити ефективність використання всіх видів ресурсів підприємства за різними функціональними напрямками діяльності та виявити резерви підвищення рівня економічної безпеки через оптимізацію ресурсного потенціалу.

Програмно-цільовий підхід до оцінювання економічної безпеки визначається застосуванням комплексних математичних моделей та засобів аналізу. Методологічною рисою цього підходу є інтеграція численних неоднорідних показників, що відображають різні грані економічної безпеки підприємства, в єдину систему оцінювання з використанням експертних методів.

В межах цього підходу оцінювання рівня економічної безпеки формується через багатоступеневе узагальнення індикаторів з застосуванням методів багатовимірної статистичного аналізу — кластеризації, факторного аналізу та інших математичних прийомів, що дають змогу обробляти складні масиви даних та формувати цілісну картину економічної захищеності підприємства [4, с. 34].

Ключовою перевагою програмно-цільового методу є поєднання глибокого математичного аналізу з комплексним інтегруванням різномірних показників, що забезпечує високу точність і об'єктивність оцінки рівня економічної безпеки підприємства.

Проведений аналіз методичних підходів до оцінювання рівня економічної безпеки підприємства демонструє різноманіття інструментарію діагностики, серед якого найбільш поширеними є індикаторний, ресурсно-функціональний та програмно-цільовий методи. Кожен з них має свої переваги: індикаторний забезпечує комплексну кількісну оцінку через інтегральний показник, ресурсно-функціональний дозволяє оцінити ефективність використання всіх видів ресурсів, а програмно-цільовий поєднує математичний аналіз з інтегруванням різномірних показників для забезпечення високої точності.

Перелік використаних джерел:

1. Зубко Т.Л. Підходи до оцінювання рівня економічної безпеки підприємства. *Економічна безпека держави в контексті національних інтересів: Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції* (м. Харків, 23 квітня 2021 року) С. 71-74.
2. Орищин Т.М., Крихівська Н.О., Тягур С.І. Оцінка фінансово-економічної безпеки підприємств: методичний аспект. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*. 2020. № 2 (58). С. 7-12.
3. Шило Ж. Методика комплексної оцінки рівня економічної безпеки підприємства. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2022. № 1(4). С. 17-25.
4. Івончак І.О. Аналіз методичних підходів до оцінки рівня економічної безпеки підприємства. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2021. Випуск 10. 29-37.

УДК 004.9:519.8

Стрілецький Микола

аспірант

Західноукраїнський національний університет

м. Тернопіль

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА МАЛОМУ ПІДПРИЄМСТВІ МАШИНОБУДІВНОГО СПРЯМУВАННЯ

Машинобудування входить в когорті галузей з достатньо значними індустриальними викидами парникових газів в атмосферу, що суттєво впливає на екологічний стан регіону, країни, планети в цілому. Зміна клімату, втрата біорізноманіття, забруднення навколишнього середовища — ось основні компоненти впливу на екосистему загалом. На боротьбу з цим

явищем витрачаються значні ресурси (фінансові, людські, інтелектуальні тощо) світової економіки. Основні фінансові потоки направляються в першу чергу на підприємства-гіганти по забрудненню навколишнього середовища. Невеликі підприємства залишаються десь в стороні від таких вливань, хоча значна їх кількість, що постійно зростає з року в рік, вносить і свою лепту в тоннажність індустріальних викидів. Тому проблема проведення моніторингу за викидами індустріальних парникових газів малими підприємствами машинобудівного спрямування є досить актуальною і такою залишатиметься ще не одне десятиріччя.

Одними з напрямків оцінки, аналізу і синтезу екологічного стану на підприємстві є, безумовно, методи математичного моделювання (до речі, одні з найбільш ефективних методів при мінімальних затратах). Математичне моделювання процесів, що впливають на екосистему підприємств і планети в цілому – ключовий інструмент для більшості вчених. Для теоретичних досліджень застосовуються різноманітні методи – характеристика яких і є метою представлених викладок. Об'єкт дослідження – генерування парникових газів малим підприємством машинобудівного призначення. Предмет дослідження – розробка і застосування математичних моделей. При дослідженні використано на основі системного підходу методи аналізу, порівняльного аналізу, синтезу, теорії ймовірності та математичної статистики, метод Монте-Карло. У процесі дослідження використовуються різноманітні науково-практичні підходи.

Види парникових газів, що формуються на малому підприємстві в результаті його діяльності, є традиційними для машинобудівної галузі, а саме вуглекислий газ (діоксид вуглецю), метан, закис азоту. Деякі дослідники в цю стратегічну групу включають ще і водяну пару – найпоширеніший на землі парниковий газ. Їх мотивація: з підвищенням температури на землі збільшується випаровування вологи, що призводить до зростання парникового ефекту. Відомо, що парникові гази пропускають короткохвильове випромінювання Сонця, і не пропускають в космічний простір теплове довгохвильове випромінювання Землі, що визначається, згідно закону Стефана-Больцмана, її температурою.

Також не потрібно випускати з виду і динаміку викидів малих парникових газів, а саме фторованих газів, доля яких в парниковому ефекті зростає. Фізико-хімічні властивості парникових газів служать апіорі при реалізації моделювання. Процес розробки матмоделі включає ряд відомих процедур (принципи, методи), які відтворюють особливості використання на практиці.

Принципи моделювання. В екологічних дослідженнях математичне моделювання ґрунтується на загальноприйнятих наукових принципах: спрощення реальних систем, математичний опис, верифікація і валідація моделі, а також ітеративний процес розробки. Проте матмоделі в екосистемі часто повинні враховувати складну взаємодію з різноманітними процесами (фізичними, хімічними, біологічними тощо), що відображається на складності моделі, а саме її багатofакторності. Одним з ключових аспектів моделювання є врахування часових і просторових масштабів. Відомо, що простір-час – це фундаментальна система координат, що повністю визначає взаєморозташування об'єктів і подій як у просторовому, так і в хронологічному аспектах. Процеси екологічного спрямування, що відбуваються на малому підприємстві та поза його межами, можуть проходити на різних рівнях організації: від клітинного до екосистемного при різноманітному масштабуванні: від хвилин до століть. Для підвищення точності прогнозування моделі повинні враховуватись ці відмінності. Досить важливим є принцип багаторівневого підходу, що дозволяє моделювати взаємодію різних рівнів організації екосистеми. Наприклад, модель може враховувати одночасно процеси двох рівнів: утворення вуглекислого газу при термічній обробці деталей в процесі їх виготовлення на малому підприємстві і загалом всієї екосистеми; це дозволяє більш повно і адекватно оцінити всю складність взаємодій з навколишнім оточенням.

Методи моделювання. В залежності від цілі дослідження на одному з рівнів прояву парникових газів і специфіки екосистеми вчені використовують значну кількість методів. Відбір раціонального методу в залежності від ситуації (сценарію) є проблематичним і

потребує від дослідника значних розумових зусиль і практичних навичок. Тут на допомогу приходять нейронові мережі, що кардинально трансформують хід теоретичних досліджень.

При дослідженні парникових газів активно застосовується детермінований метод, який ґрунтується на рівняннях, які описують процеси, що проходять в системі моделювання. Таких фізико-хімічних процесів, пов'язаних з парниковими газами на промисловому підприємстві машинобудівного спрямування, є доволі значимо: від мікрорівня до макрорівня, і при цьому, в деяких випадках має місце накладання потоків парникових газів механічної взаємодії.

Оцінка даних при формуванні та викидах парникових газів в процесі дієвості підприємства здійснюється також на основі стохастичного методу, що враховує випадкові фактори і невизначеності; це створює певну гнучкість для моделювання реальних систем, оскільки, як правило, не можливо передбачити всі процеси і врахувати нюанси завчасно. Побудова стохастичних моделей процесів з парниковими газами безумовно є пріоритетом дослідників-експериментаторів.

До дієвих методів встановлення поведінки парникових газів упродовж тижнів, місяців, років (а то і десятиків) варто віднести просторовий метод (назва якого вже говорить сама за себе). Цей метод дозволяє враховувати розподіл парникових газів в просторі, встановити зони накопичення, міграції. Просторове моделювання часто використовують географічні інформаційні системи для візуалізації даних та аналізу просторових процесів. Такий метод хоча і дещо виходить за межі представленого дослідження, однак дозволяє розробити модель поширення парникових газів в навколоземному просторі, а тим самим встановити дієвість прийнятих рішень на малому промисловому підприємстві.

Практичне застосування. Доцільно розглянути (у формі бліц – блискавично, інтенсивно) для дослідження парникових газів молекулярного моделювання і конструювання. Молекулярний дизайн – це ланки загального процесу створення молекулярної системи від замислу до реалізації. Динамічний молекулярний дизайн (на відміну від статичного) враховує зміну взаємодію компонент конструкції молекулярної системи в часі. Основа динамічного дизайну – метод молекулярної динаміки, що широко застосовується і як базовий метод молекулярного моделювання. Метод молекулярної динаміки дозволяє встановити детальну мікроскопічну картину внутрішньої рухливості макромолекули. В її основі лежить розрахунок класичних (ньютонівських) траєкторій руху макромолекули у фазовому просторі координат та імпульсів її атомів. В молекулярній динаміці молекула розглядається як система взаємодіючих класичних частин. Метод молекулярної динаміки – це не щось дуже нове, він успішно упродовж вже певного періоду застосовується в теоретичних дослідженнях структури і динаміки біологічних макромолекул, рідин, твердих тіл та інших молекулярних систем. Впровадження на малому промисловому підприємстві нейронної мережі розширює як спектр застосування, так і глибину досліджень парникових газів.

Висновок. Моделювання індустріальних викидів парникових газів на малому промисловому підприємстві машинобудівного спрямування дозволяє дослідити і передбачити його екологічний стан, а тим самим приймати обґрунтовані організаційні, структурні, конструктивні, технологічні рішення щодо забезпечення стійкого розвитку.