

Alexander CHUBENKO*

DEDUKTIVNÍ METODA TVORBY MATEMATICKÉHO MODELU PRO STUDIUM MÍRY PŘIJATELNÉHO TECHNOGENNÍHO RIZIKA

DEDUCTIVE METHOD OF MATHEMATICAL MODEL FORMATION FOR RESEARCH OF MEASURE OF ACCEPTABLE TECHNOGENIC RISK

Abstrakt

Extenzivní a intenzivní rozvoj techniky, urbanizace, bydlení obyvatel blízko potenciálně nebezpečných technologických komplexů (TK), znečištění životního prostředí atd. vytváří problém predikce a kontroly možných technogenních rizik. Přijatelné technogenní riziko je stochastický kvantitativní ukazatel bezpečnosti v systému člověk-stroj-prostředí. Je nástrojem pro výběr optimální úrovně bezpečnosti technologického komplexu z možných alternativ. Autor analyzuje specifické vlastnosti TK (stochastické chování, hierarchii a podřízenost různých úrovní, vzájemné vztahy mezi životním prostředím a variabilitou), zabývá se výhodami a nevýhodami induktivních a deduktivních metod pro tvorbu matematického modelu a považuje deduktivní metodu za nejlepší metodický přístup k hodnocení přijatelného technogenního rizika TK.

Abstract

Extensive and intensive development of technique, urbanisation, the living of settled inhabitants near potentially dangerous technological complexes, environmental pollution, etc. raise the problem of prediction and control of possible technogenic risks. The acceptable technogenic risk {ATR} is a stochastic quantitative index of safety for the man-engine/machine-environment system. It is a tool for selecting a technological complex {TC} safety optimal degree from possible alternatives. The author analyses specific qualities of TC [stochastic behaviour, hierarchy and subordination of different degrees, mutual relations between the environment and changeability], discusses advantages and disadvantages of inductive and deductive methods for mathematical model formation and considers the deductive one as the best methodological approach to the assessment of ATR of TC.

Key words: technosphere, technogenic, safety, risk, acceptability

Úvod

Utváření technosféry, urbanizace, nárůst znečištění životního prostředí způsobily, že na začátku 21. století značná část obyvatelstva na Zemi žije a pracuje v oblastech působení různých druhů technogenních nebezpečí (zdrojů rizika).

* Donetsk State Technical University, 58, Artyom Street, 83000 Donetsk, Ukraine

V současné době počet lidí, jejichž zdraví a životy jsou ovlivněny znečištěním biosféry a mimořádnými situacemi technogenního původu začal převyšovat počty usmrčených lidí z důvodu přírodních nebezpečí.

Alarmující situace je na Ukrajině. Počet smrtelných úrazů na 100 tisíc lidí převyšuje celosvětový průměr dvojnásobně a úroveň úmrtnosti obyvatelstva v produktivním věku je 3,7 krát vyšší, než v zemích EU [1].

Tím je podmíněná nutnost řešení problémů technogenní bezpečnosti v technosféře.

Technogenní bezpečnost (TB) – je stav, při kterém technogenní činnost a její důsledky neohrožují společnost (včetně jednotlivce).

Řešení problematiky

V současné době je na Ukrajině pro řešení problémů TB rozpracováván a zaváděn přístup zaměřený na simulaci rizika. Tento přístup se stává základem hodnocení a řízení rizik, je široce používán v zákonodárství, normativních dokumentech, právní praxi [2]. Jeden ze směrů rozpracování uvedeného přístupu se zabývá zdůvodněním koncepce přijatelného technogenního rizika pro bezpečnost složitých technických systémů, lidí a životního prostředí.

Přijatelné technogenní riziko (PTR) je pravděpodobnostní kvantitativní ukazatel, funkční vlastnost bezpečnosti v systému „člověk - stroj - prostředí“. Jeho použití se musí stát základem pro výběr optimální hodnoty míry bezpečnosti technologického komplexu (TK).

Při zpracovávání metodologie hodnocení rizika je nutno brát v úvahu komponenty již rozpracované struktury v různých zemích. Základ hodnocení rizika tvoří čtyři moduly:

- míra rizika na základě vnímání,
- možné následky (škody),
- neurčitost,
- míra rizika na základě výpočtů.

Experimenty spojené s realizací těchto variant na reálném TK zpravidla nejsou možné. Základní metodou studia se musí stát matematické modelování procesů spojených se stanovením kvantitativních kritérií PTR TK.

TK se vyznačuje souborem jak proměnných, tak i konstantních veličin, které mají vzájemné funkční vazby. Tyto vzájemné vazby mají následující složky: technickou, technologickou, ekonomickou, ekologickou a sociální („lidský faktor“).

Proměnné a konstantní veličiny bezpečného fungování TK v jejich vzájemných vazbách musí odpovídat požadovaným (normativním) hodnotám bezpečnosti. Celkový smysl zajištění bezpečnosti při tomto pojetí musí spočívat ve stanovení a dosažení požadovaných hodnot. To je obzvláště důležité pro hodnoty proměnných veličin.

Jak je známo [3, 4, 5], efektivní řešení problému zajištění bezpečnosti je dosažitelné za předpokladu, že bezpečnost je stanovena (normována) a stává se nezbytnou součástí celého životního cyklu TK.

Stanovení (normování) je založeno na srovnávání stávajících hodnot ukazatele s normativními hodnotami a porovnání jejich rozdílu s přípustným rozpětím změny zkoumané veličiny.

Pro převádění indikátoru nebo ukazatele míry PTR TK na bezrozměrný se změnami v rozpětí od 0 do 1 je nutné mít k dispozici nejen údaj o normativní hodnotě, ale i údaje o minimálně a maximálně přípustných hodnotách studované veličiny.

TK s jeho technickými, technologickými, přírodními procesy a zúčastněnými lidmi je složitým systémem. V nauce o systémech neexistuje přesná a jednoznačná definice tohoto pojmu. Autoři [4,6,7] rozlišují jednoduché a složité systémy podle výskytu či stupně vývoje řady jejich vlastností. Ve vztahu k TK jako složitému systému poukazují na čtyři následující vlastnosti: 1. stochastické chování, 2. hierarchie struktury, 3. vzájemné působení s okolním prostředím, 4. změna v čase.

Stochastické chování je způsobeno tím, že velké množství ukazatelů TK (dle své podstaty a vzhledem k chybám ve výchozích údajích) jsou nahodilými veličinami a procesy, jež se odehrávají v systému TK, jsou většinou také nahodilé.

Hierarchie spočívá v tom, že v TK můžeme vymezit jednotlivé subsystémy (nebo skupiny subsystémů), jež jsou řídicími (rozdělujícími, třídícími) ve vztahu k jedněm subsystémům a jsou řízeny jinými. Součásti TK se nacházejí ve vzájemné podřízenosti k té úrovni, kterou mají.

Jiným druhem hierarchie TK jsou **řetězce výrobního procesu**: továrna – dílny – technologická linka a jiné hierarchické subsystémy a úrovně. Na základě získaných zkušeností [8,9] se doporučuje přípustnost ne více než čtyř hierarchických úrovní.

Vlastnost **změny** v čase je zjevně vyjádřena ve všech strukturách TK: neustále se mění stavy základních výrobních fondů, různých zdrojů, lidského faktoru apod.

Na základě uvedeného lze konstatovat, že analogické vlastnosti musí mít i matematický model PTR TK, jestliže adekvátně zobrazuje modelovaný objekt.

Na základě metodologie a zkušenosti víme, že matematicky popsat TK, zaznamenat jeho veškeré detailní součásti a objekt jako celek, není prakticky možné. Může to být spojeno jak s omezenými možnostmi matematického aparátu, tak i objemem potřebných informací. V tomto případě je smysluplné zpracovávání víceúrovňového modelu [4,9] za účelem postupné detailizace a výběru nejperspektivnějších strategií řízení technogenního rizika [8].

Na **horní úrovni** musí model zobrazit základní vazby a závislosti reálného TK pro výběr alternativních nebo optimálních strategických variant z přípustného množství. To umožní koncepčně určit směr řídicích vlivů v „managementu rizik“ bez zvláštních podrobností.

Model nižší úrovně je nutný pro detailnější určení alternativních variant strategie. Provádí se detailizací a složitějšími matematickými modely pro subsystémy TK.

Kromě složitého modelu popisu reálné úrovně PTR TK je nutné zohlednění vznikajících, ale zatím v dostatečné míře neprozkoumaných zákonitostí. Příčinami může být: zavedení nových technologií, změny v zákonodárném - normativním základě, aj. Pro zachování úplnosti a také pro možnost rozšíření obsahu modelu je vhodné logicky uzavřít výčet jeho prvků komponentou „vše ostatní“. Takový model může být zařazen mezi modely nižší úrovně.

V procesu realizace zvolené strategie řízení je nutná kontrola reálných ukazatelů míry PTR pro jejich korekci.

Obecně je proto nutné řešit následující úkoly:

- **interpretaci** - stanovení míry rizika dle sledovaných údajů,
- **diagnostiku** - zjištění odchylek od normy a příčin jejich výskytu v subsystémech nebo prvcích,
- **monitoring** - kontinuální interpretace údajů v reálném čase se signalizací parametrů překračujících přípustné meze,
- **prognózu** - předpověď budoucích událostí na základě minulých a současných modelů,
- **plánování** – sestavení programu činnosti, plánů pro realizaci již dříve vymezených cílů,

- **projektování** - příprava specifikací pro tvorbu prvků nebo objektů s předem určenými vlastnostmi,
- **řízení a vzdělávání.**

Proto vzniká nutnost tvorby ještě jedné úrovně modelů - monitorující. V takovém případě vzniká hierarchie studovaných modelů i když v reálném TK tato hierarchie není. V přístupu k tvorbě hierarchických systémů jsou zdůrazněny dvě metody : induktivní a deduktivní.

Základem induktivní metody [9] je otázka „*co se stane, když...?*“, bere v úvahu jednu (jedinou) poruchu zařízení nebo systému v každém časovém okamžiku. Systém se realizuje v zadané základně prvků a je rozpracováván na základě apriorní jistoty o splnění na něj kladených požadavků. Zhodnocení a výběr optimální varianty se zpravidla řeší tříděním variant s použitím expertních hodnocení. V případě úspěchu induktivní metoda vede rychle k cíli, protože zpravidla nevyžaduje zpracovávání vývojového schématu (diagramu), sestaveného na základě objektivních údajů. Mimo to, požadavek řešit zadání (cíle) zpracováváním vývojového schématu není apriorně formulován.

Deduktivní metoda zpracování systému předpokládá určitý proces důsledné tvorby řešení $R_i \in R$ v obecném zadání S . Ze získaného řešení R_K předchozího zadání S_K se formuluje určující omezení C_{K+1} nebo výchozí informace A_{K+1} v rozhodující proceduře T_{K+1} pro následující krok. Při výpočtu každého z mezivýsledků R'_K zadání S_K je základem „rozvětveného stromu“ variant ve vztahu k zadáním S_l , $l > K$ následujícího kroku. Hierarchická struktura řešení obecného zadání zhodnocení míry PTR je logickým základem pro zpracování všech etap studia. Mimo to, tato metoda umožňuje uskutečňovat „připojení“ zadání v hodnotícím schématu. Univerzálním prostředkem tvorby takové jednotnosti je zpracovávání souboru matematických modelů $M_i^S \in M$ technologického komplexu, mající stanovené strukturální vlastnosti.

Míry hodnot PTR, jež jsou vymezené v konkrétním případě, budou představovat etapy zpracování, pro jejichž popis existuje odpovídající množina M modelů. V případě přístupu akceptujícího návaznost jednotlivých etap se matematický model stává detailnější a soubor podobných modelů v plné míře popisuje míru technogenního rizika včetně adekvátního zobrazení směrů a procesů.

Závěr

Deduktivní metoda zajišťuje důslednost vyhledávání řešení při analýze PTR TK, především pro potenciálně nebezpečné výrobní procesy. Při jejich identifikaci dává předložená metoda možnost provést kvantitativní zhodnocení stávající míry dle stanovené (normované) bezpečnosti prvků, komponentů, objektů a součástí výrobních a nevýrobních jednotek. Deduktivní metoda umožňuje analyzovat a hodnotit různé varianty pro výběr optimální, zajišťuje dokazatelnost při řešení řízení rizik. Její využití v praxi dovoluje provádět srovnávací hodnocení míry rizika libovolných zdrojů, směřovat potenciální zdroje na takové prvky TK, kde bude zajištěno dosažení vysoké míry (úrovně) snížení rizika.

Deduktivní metodu tvorby hierarchického systému matematického modelu pokládáme za vhodný metodologický přístup hodnocení míry PTR TK.

Literatura

1. Хазан, В. Б. (2001) Техногенная безопасность как составляющая (эко) устойчивого развития. In: Екологія і природокористування. Зб. Науков. Праць ІППЕ. Вип. 3. Дніпропетровськ, с. 163 – 168.
2. Запорожец, О. (2003) Международные современные аспекты безопасности жизнедеятельности человека. In: Безопасность жизни и деятельности человека – образование, наука, практика. Материалы второй научно-методической конференции. Киев: НАУ
3. Белов, П. Г. (1996) Теоретические основы системной инженерии безопасности. М.: ГНТП “Безопасность“, МИБ СТС.
4. Перегудов, Ф. И., Тарасенко, Ф. П. (1989) Введение в системный анализ: Учеб. Пособие для вузов. М.: Высш. шк.
5. Майоров А. В., Москатов Г. К., Шибанов Г. П. (1988) Безопасность функционирования автоматизированных объектов. М. Машиностроение.
6. Иванов Е. А., Бобров И. А., Денисов А. В. (2000) О типовых моделях и принципах организации систем управления промышленной безопасностью. In: Безопасность труда в промышленности. № 4, с. 4 –7.
7. Заде Л. А. (1974) Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. In: Математика сегодня (пер. с англ.). М. Знание, с. 5 – 49.
8. Марчук Г. И. (1982) Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М. Знание.
9. Полищук С. З. (2001) Методические подходы к построению математических моделей устойчивого развития. In: Екологія і природокористування: Зб. науков. праць ІППЕ Вип. 3. – Дніпропетровськ, с. 40 – 48 .

Summary

The contribution deals with substantiation of the conception of an acceptable technogenic risk (PTR) for the safety of complex technical systems, people and the environment. The acceptable technogenic risk is defined as a stochastic quantitative index, a functional property of safety in the man-machine-environment system. The use of it must become a basis for the selection of an optimum value of the degree of safety of technological complex (TC). The author of the contribution analyses the specific features of TC and discusses advantages and disadvantages of inductive and deductive methods of mathematical modelling the acceptable technogenic risk. The deductive method of creation of a hierarchic system of the mathematical model is taken as a suitable methodological approach to the assessment of degree of technogenic risk acceptability in the case of TCs.