

**УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

УДК 614.8.001

С.В. Іносов, В.М. Скіданов, Т.Г. Соболевська, К.В. Сідун

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**МОДЕЛЮВАННЯ КАТАСТРОФІЧНОГО СЦЕНАРІЮ РОЗВИТКУ ЦИВІЛІЗАЦІЇ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ**

Запропоновано модель катастрофічного розвитку цивілізації у вигляді контуру позитивного квадратичного зворотного зв'язку на базі аналізу тенденцій попереднього прогресу цивілізації. За допомогою моделі вказані тенденції розвитку екстраполюються у майбутнє.

**Ключові слова:** цивілізація, прогрес, позитивний зворотний зв'язок, модель, сценарій катастрофічного розвитку

**Постановка проблеми**

Незаперечним є факт прискореного прогресивного розвитку нашої цивілізації протягом багатьох тисяч років. Цей факт найкраще ілюструється вибухоподібним графіком зростання чисельності населення Землі (рис. 1).

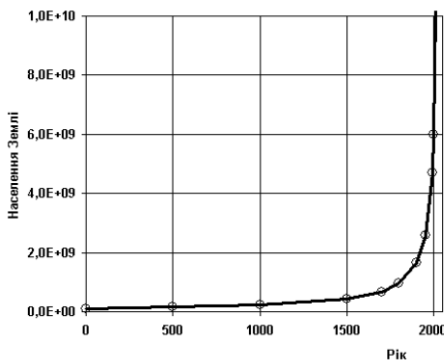


Рис. 1. Графік зростання населення Землі

Аналогічно зростають усі параметри цивілізації (виробництво енергії, промислове і сільськогосподарське виробництво, інформаційні потоки, споживання природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища тощо), але кількість населення є найбільш ілюстративним і зручним для аналізу параметром. Це зростання зазвичай інтерпретувалося оптимістично, як нескінченний і необмежений "прогрес цивілізації".

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

За останні роки широкого визнання набув катастрофічний сценарій розвитку цивілізації [1]. Якщо екстраполювати попередні тенденції розвитку, то виявляється, що всі показники прямують до нескінченності приблизно у 2039 р. Ще

раніше (2015-2025 рр.) будуть досягнуті фізично непереборні обмеження ресурсів нашої планети [3]. Тобто екстенсивний прогрес мусить закінчитися за життя одного покоління. На жаль все свідчить про катастрофічність цього завершення і загибель цивілізації.

**Мета дослідження** – комп'ютерне моделювання динаміки прогресу цивілізації у вигляді контуру позитивного квадратичного зворотного зв'язку.

**Виклад основного матеріалу.** Для курсу "Теорія автоматичного управління" моделювання прогресу цивілізації є дуже наочною ілюстрацією поняття нестійкості і механізму її породження контуром позитивного зворотного зв'язку. Відповідна модель у вигляді структурної схеми наведена на рис. 2. Збільшення темпів зростання, що спостерігається, адекватно пояснюється, якщо вважати зворотний зв'язок квадратичним.

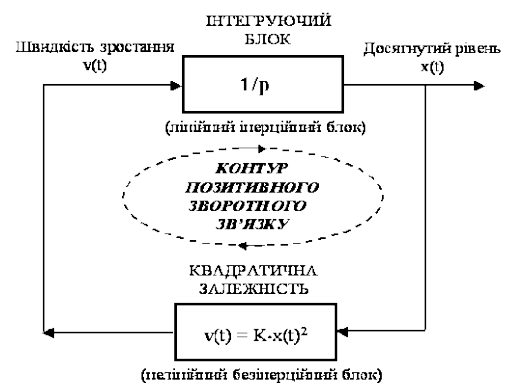


Рис. 2. Модель прогресивного зростання

В основу моделі покладено такий закон розвитку (диференційне рівняння): швидкість прогресу  $v(t)$  (тобто похідна  $dx(t)/dt$ ) пропорційна квадрату досягнутого рівня  $x(t)$ .  $K$  – коефіцієнт пропорційності. Через  $t$  позначено час у роках. В

моделі використовується інтегруючий блок з передаточною функцією  $1/p$ , що охоплений позитивним зворотним зв'язком через блок квадратичної залежності  $v(t) = K \cdot x(t)^2$ . Результати моделювання з точністю не гірше 1% співпадають зі статистичними даними (що підтверджує адекватність моделі) при таких чисельних значеннях параметрів:  $K = 2.1 \cdot 10^{-6}$ ,  $x(0) = 1.11 \cdot 10^8$ . Наведені значення забезпечують мінімальне середньоквадратичне відхилення реального процесу розвитку від результатів моделювання.

З аналізу результатів комп'ютерного моделювання (використовувався програмний засіб VisSim) витікає наступне.

Прогрес відбувається за формулою:  $x(t) = V = 2.3 \cdot 10^{11} / (2039 - t)$ . Це так зване гіперболічне зростання, у порівнянні з яким навіть експоненційне зростання (в геометричній прогресії) відносно повільне. Екстраполяція за наведеною формулою до 2039 р. дає нескінченно велике значення.

У процесі моделювання вираховувався період подвоєння (час, за який  $x(t)$  збільшується в два рази) за формулою  $T = 0.69 \cdot x(t) / v(t)$ , що справедлива для експоненційного зростання. Якби зворотний зв'язок був пропорційний, то зростання було б експоненційним і вказана функція  $T(t)$  була б константою. Насправді в моделі ця величина зменшується з часом лінійно:  $T(t) = -0.737 \cdot t + 1504$  (рис. 3). Тобто темп прогресу весь час зростає. Наприклад, 1000 років тому цивілізація подвоювала свої показники за 800 років. Зараз подвоєння досягається за життя одного покоління (25 років). Вперше в історії темп розвитку настільки зріс, що досвід минулого покоління встигає застаріти і стає непридатним для сучасного покоління. Люди вже не встигають пристосовуватися до швидких змін. Екстраполяція цієї тенденції до 2039 р. дає нульовий період подвоєння, тобто прискорення прогресу прямує до нескінченності.

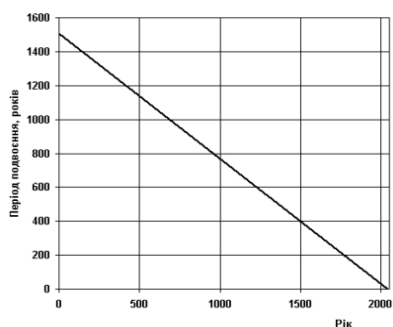


Рис. 3. Прискорення темпів прогресу

Вважається, що на завершальному етапі нечувані темпи прискорення будуть підтримані розвитком комп'ютерних технологій, що вже зараз є вирішальним фактором технічного і економічного

розвитку. Це явище отримало назву “технологічна сингулярність”.

Рис. 4 ілюструє на якісному рівні той факт, що вказана тенденція збільшення темпів прогресу не є особливістю тільки нашої ери, а почалася значно раніше. На шкалі часу відмічені деякі основні досягнення цивілізації, що розподіляються приблизно рівномірно, але сама шкала логарифмічна (масштаб часу різко змінюється у міру наближення до граничної точки в 2039 р.). Кожне подвоєння рівня цивілізації супроводжувалося приблизно двома головними досягненнями.



Рис.4. Шкала прискорення прогресу

Це значить, що процес прискорення темпів прогресу за виявленою закономірністю триває вже щонайменше 10 тис. поколінь. Зараз цей процес наближається до кінця і повинен обов'язково завершитися за час життя нинішнього покоління (орієнтовно в 2015 – 2025 рр.). Можна уявити тільки дві альтернативи завершення: оптимістична, з переходом на стаціонарний режим, і песимістична, тобто катастрофічна.

Чи є надія вийти на стаціонарний режим (такий режим не досить вдало називають терміном «стійкий розвиток»)? На жаль, прогрес принципово неможливо зупинити, бо механізм прогресивного зростання і непоновлювані ресурси лежать в основі добробуту нашої цивілізації. Будь-які фінансові і банківські системи, інвестиційні проекти неможливі, якщо не забезпечене процентне зростання вкладеного капіталу. Таке зростання (якщо воно не інфляційне) неможливе без відповідного зростання продуктивності промислової сфери, видобутку корисних копалин, накопичення відходів, зменшення вмісту кисню в атмосфері, зменшення запасів прісної води і т. ін. Будь-яка спроба зупинити прогрес і вийти на стаціонарний режим просто викличе крах фінансової системи і промисловості і спровокує передчасну катастрофу. Сценарій приблизно такий, як в Росії в 1917 р., коли крах ринку і фінансової системи викликав розруху, масовий голод, громадянську війну. Але зараз вже немає надії, що криза буде обмежена окремими країнами. Глобалізація досягла такої межі, коли криза неминуче стане глобальною і буде означати зникнення Homo sapiens як біологічного виду. Вже

пройдено критичну точку, коли принципово ще був можливий стаціонарний режим (так званий “золотий мільярд” населення). Зараз Земля втратила здатність до регенерації і увійшла в нестаціонарний режим незворотної деградації. Що буде після катастрофи – невідомо, крім того, що Земля зможе прогодувати лише малу частину нинішньої кількості населення. Навіть у кам'яному віці були кращі умови для виживання, бо природні ресурси ще не були вичерпані.

Непрямі свідчення неминучості катастрофи такі. Нестійкі процеси розвитку завжди закінчуються катастрофічно після досягнення неминучих обмежень (наприклад, вибухи, фінансові піраміди, епідемії хвороб, технічні катастрофи, нестійкі процеси автоматичного регулювання).

Особливістю нестійких процесів є відносно тривалий період латентного розвитку перед катастрофою, коли зовні все здається благополучним. Наприклад, перед “великою депресією” 1929 року в США було десятиріччя процвітання; фінансова піраміда МММ здавалася найбільш процвітаючою саме перед крахом. Для порівняння: минулі 50 років можна назвати “золотим віком” цивілізації. Закінчився період світових війн, ніколи за всю історію середній рівень життя не досягав такого високого рівня (незважаючи на стрімке зростання населення) [3]. Саме це процвітання і викликає занепокоєння. Як відомо, найруйнівнішим землетрусам передували найдовші періоди спокою.

Ще ніколи в історії людства не виникало так багато нових проблем одночасно (опустелювання, масове знищення біологічних видів, глобальне потепління, тероризм, СНІД, ядерна зброя і багато інших). Ще одна складність – стрімкість і хаотичність змін. Людство зустрічається з чимось настільки невідомим нашому колективному досвіду, що ми не встигаємо не тільки реагувати на стрімкі зміни, але навіть усвідомлювати їх.

Дуже помітним стає зменшення запасу стійкості цивілізації, що викликане її ускладненням. Вразливість систем енергопостачання, комунікацій, фінансів, виробництва до аварій, терористичних акцій, комп'ютерного піратства, військових конфліктів значно збільшилася. Незначні втручання викликають неадекватно великі наслідки. Наприклад, Чорнобильська катастрофа була викликана помилками окремих людей; декілька терористів змогли потрясти весь світ атакою на хмарочоси Нью-Йорка. А залежність людей від цього штучно створеного середовища існування навпаки, значно посилилася, що виключає можливість автономного існування.

Сотні тисяч років цивілізація розвивалася за сталою тенденцією, яку не могли порушити

найвидатніші історичні діячі і події. Тобто прогрес цивілізації – це об'єктивна реальність, незалежна від політичної волі. Тому мало надії на те, що сучасні політики і вчені будуть здатні на щось вплинути в останню мить для різкого зламу вказаної тенденції. Спроби урядів держав домовитися про перехід до сталого режиму глобального розвитку провалилися, хоча надзвичайна важливість проблеми вже усвідомлюється на вищому політичному рівні. Не висунуто навіть ніяких ідей про можливість реальних механізмів такого переходу. Екологи, антиглобалісти і “зелені” також не пропонують ніяких реальних рецептів за межами несуттєвих локальних рішень або політичної боротьби. А надія оптимістів на некероване спонтанне уповільнення прогресу з плавним безболісним виходом на стаціонарний режим поки що спирається тільки на віру в чудо. Ще у 1820 р. Ламарк передбачав: “Можна сказати, що призначення людини полягає в тому, щоб знищити свій рід, попередньо зробивши земну кулю непридатною для проживання”.

З наведеної інформації тільки модель у вигляді контуру позитивного зворотного квадратичного зв'язку і її використання в навчальному процесі належать автору, всі інші факти загальновідомі. Прогноз сингулярності на 2039 р. дещо відрізняється від результатів з праці [2] за рахунок використання незалежних статистичних даних.

## Висновки

Загроза катастрофи підтверджується численними дослідженнями в галузі екології, генетики, демографії, історії, біології, медицини, астрономії, інформатики, енергетики, геології і багатьох інших. У багатьох незалежних галузях науки виявляються ознаки гіперболічного зростання, що має закінчитися в найближчі десятиріччя. Цим питанням займаються найвидатніші спеціалісти, наприклад відомий фінансист Дж. Сорос прогнозує глобальну фінансову катастрофу. Кількість відповідних публікацій останнім часом швидко зростає, що вказує на виключну актуальність проблеми.

## Список літератури:

1. Алексеенко И.М., Кейсевич П.С. *Последняя цивилизация?* – К.: Наукова думка, 1997. – 248 с.
2. Капица С.П. *Синергетика и прогнозы будущего.* – М.: Наука, 1997, – 213 с.
3. Edward O. Wilson. *The Bottleneck. Scientific American, February, 2002.* – 10 p.

*Стаття надійшла до редколегії: 14.10.2010*

**Рецензент:** д-р. техн. наук, професор М.В. Мислович, завідувач науковим відділом Інституту електродинаміки НАН України