

ОЦІНКА ЯКОСТІ СИСТЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОСНОВІ МЕТОДА КОМПАРАТОРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

УДК 519.713: 504.064

КОЗУЛЯ Тетяна Володимирівна

д.т.н., професор кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «Харківський політехнічний інститут».

Наукові інтереси: прийняття рішень в системі екологічного моніторингу; моделювання фізико-хімічних процесів у природних системах.

e-mail: kozulia@kpi.kharkov.ua

БІЛОВА Марія Олексіївна

магістр кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики НТУ «Харківський політехнічний інститут».

Наукові інтереси: компараторна ідентифікація, концепція сталого розвитку.

e-mail: maria_belova-91@mail.ru

Актуальність роботи пов'язана з реалізацією концепції сталого розвитку (СР), за якою головна спрямованість науково-прикладних досліджень у пошуку вирішення екологічних проблем полягає у поєднанні та узгодженості економічного, екологічного та людського розвитку за умови відсутності зниження якості і безпеки життя людей, збереження природного стану навколишнього середовища (НС) й соціального прогресу, відповідно до потреб людини [1, 2].

Системне узгодження та збалансування аспектів розвитку суспільства пов'язано з наданням узгодженої оцінки відповідності розвитку окремої системи вимогам екологічної якості і безпеки. Взаємозв'язок природоохоронної та економічної діяльності людини потребує вартісної оцінки техногенних впливів на НС. Індикатором екологічного розвитку соціальної системи вважається передусім рівень здоров'я населення [1]. Таким чином, надання єдиної об'єктивної оцінки екологічного стану системного об'єкта у вигляді природно-техногенного комплексу обумовлено з одного боку, чисельністю та багатокомпонентністю власне природних об'єктів, з іншого боку – значною кількістю зовнішніх впливів, яких вони зазнають. Дослідження рівня екологічності природно-техногенних територій у практичній діяльності служб безпеки призводить до необ-

хідності одночасного аналізу множини ознак, які характеризують систему. Головними вимогами до зазначеної системи вимірів є інформаційна «повнота» і адекватність представлення взаємопов'язаної тріади складових сталого розвитку.

З вищезазначеного встановлено за **мету роботи** формування нового підходу до визначення екологічної оцінки стану системних об'єктів за умови підвищення об'єктивності та ефективності прийняття рішень з екологічного управління шляхом впровадження методу компараторної ідентифікації в багатофакторний аналіз систем. У виконаних дослідженнях **поставлені та розв'язані такі задачі:**

1) проаналізувати модель СР Інституту прикладного системного аналізу (ІПСА) НАН України та МОН України [1], за отриманими результатами перевірки параметрів моделі за допомогою генетичного алгоритму (ГА) обґрунтувати доцільність застосування методу компараторної ідентифікації для екологічної відповідності досліджених об'єктів ;

2) надати зміст запропонованої методики оцінки екологічної якості складних систем за концепцією СР при використанні основ теорії компараторної ідентифікації;

3) представити алгоритмічне забезпе-

чення реалізації запропонованої методики оцінки екологічності соціально-еколого-економічних систем;

4) надати оцінку практичним результатам розрахунків за наданої методикою і визначити принципи підвищення екологічності об'єкту з точки зору принципів термодинаміки.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

У сучасній науковій практиці індекс СР прийнято визначати як суму індексів розвитку економічної, соціальної та екологічної сфер з певними ваговими коефіцієнтами, тобто як деяку адитивну оцінку. За наданою моделлю СР, яка була запропонована Інститутом прикладного системного аналізу НАН України та МОН України, співвідношення між складовими моделі становить:

$$I_0(s_t) = \sum_{i=1}^3 a_i I_i(s_t), \quad (1)$$

де t – кількість країн, для яких здійснюється розрахунок індексу СР;

$I_i(s_t)$ – індекси розвитку економічної, соціальної та екологічної сфер;

a_1 – ваговий коефіцієнт економічного розвитку;

a_2 – ваговий коефіцієнт соціального розвитку;

a_3 – ваговий коефіцієнт екологічного розвитку.

Модель (1) є параметричною на системному рівні досліджень і не враховує взаємовплив екологічних, соціальних, економічних складових у формуванні цілісного об'єкта, що передбачає прояв емерджентних властивостей. Застосування структурно-параметричної ідентифікації при аналізі моделі Інституту прикладного системного аналізу НАН України та МОН України з урахуванням цілісності об'єкта екологічної оцінки здійснено відповідно до наукових робіт К.Е. Петрова [2].

У роботі перевірено коректність дослідженої моделі з визначення індексу СР (1) на основі використання елементів компараторної ідентифікації (рис. 1).

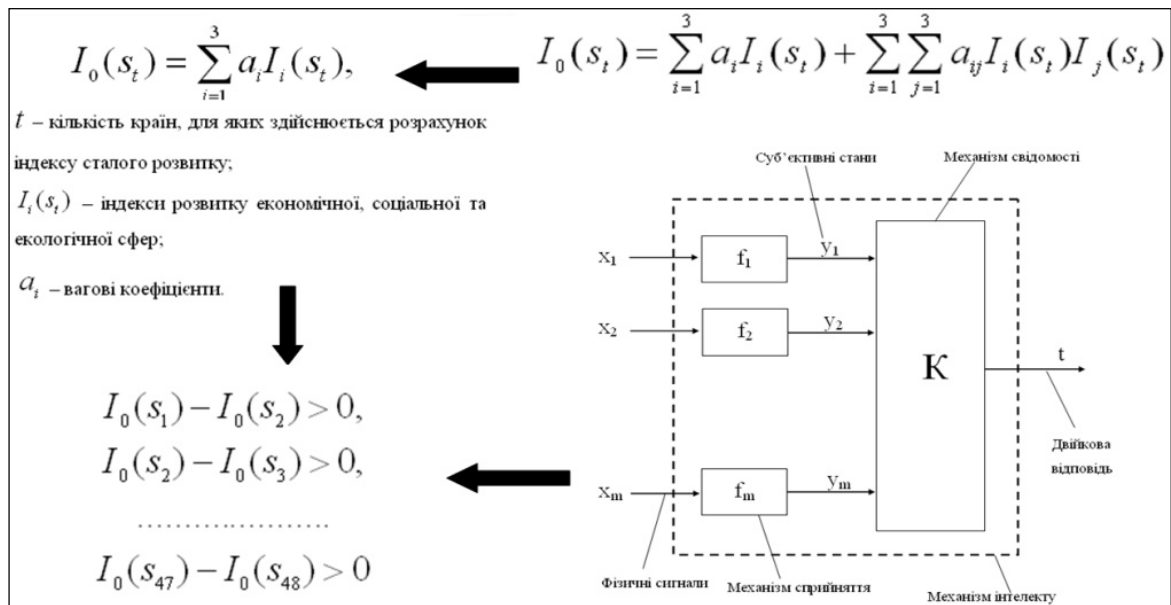


Рисунок 1 – Схема оцінки екологічної якості систем за моделлю ІПСА НАН України і компараторної ідентифікацією стану екологічності об'єкта

Отримані результати показали доцільним скорегувати вагомні коефіцієнти складових індексу СР (1) на основі полінома Колмагорова-Габора за методом генетичних алгоритмів (рис. 2) [2, 3].

Таким чином, отримані результати перевірки гіпотези про адитивний характер формування узагальненої оцінки (1) є незадовільними. Адитивні моделі виду (1) орієнтовані на оцінювання явних (прямих)

властивостей системи, рівень яких безпосередньо, як сума, визначається властивостями елементів, що утворюють систему. За концепцією CP екологічність як рівень якості НС досягається за умови цілісності еколого-соціально-економічної системи, що передбачає визначення сталого розвитку країни не за усередненими проміжними результатами, а на врахуванні всіх індексів і наборів даних.

Виходячи з вищесказаного, для екологічної оцінки стану системних об'єктів пропонується використати метод компараторної ідентифікації, в рамках якого розглянути завдання структурної ідентифікації невідомого оператора та визначення його параметрів для оцінки якості складних систем – еколого-економічної, соціально-економічної, еколого-соціальної і соціально-еколого-економічної [2].

№	Назва	Індекс розвитку економіки	Індекс розвитку соціальної сфери	Індекс розвитку екології
1	Фінляндія	0,567	0,802	0,751
2	Ісландія	0,561	0,839	0,708
3	Швеція	0,538	0,840	0,717
4	Норвегія	0,488	0,829	0,734
5	Швейцарія	0,538	0,820	0,637
6	Люксембург	0,558	0,816	0,618
7	Данія	0,563	0,828	0,582
8	Канада	0,525	0,777	0,644
9	Ірландія	0,559	0,779	0,592
10	Австралія	0,532	0,792	0,610
11	Нова Зеландія	0,526	0,790	0,610
12	Австрія	0,504	0,785	0,627

Результати: a1 0.3751, a2 0.3043, a3 0.3206

Порівняння результатів

Параметр	Значення вагових коефіцієнтів		
	За формулою (1)	За методом ГА	$ \Delta a_i $
a_1	0,43	0,38	0,5
a_2	0,37	0,31	0,06
a_3	0,33	0,32	0,01

Рисунок 2 – Результати аналізу коефіцієнтів для індексної функції CP

Для будь-якої сукупності об'єктів $X_0, X_1, X_2, \dots, X_n$ загальною кількістю n , кожен з яких характеризується m певних параметрів, зазначено стан S_n відповідно до прийнятого початкового S_0 :

$$\begin{aligned} X_0(x_{00}, x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m}), S_0; \\ X_1(x_{10}, x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m}), S_1; \\ X_2(x_{20}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m}), S_2; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\dots \\ X_n(x_{n0}, x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nm}), S_n; i = \overline{1; n}, j = \overline{1; m}.$$

Кожен з параметрів стану (2) має різний фізичний зміст, тому доцільним є нормування величин на основі так званого «еталонного» значення, що є найкращим для заданої вибірки параметрів. Відповідно до «еталонного» значення розраховують відхилення кожного з параметрів. Зазначають, що чим більше величина відхилення буде наближене до 0, тим кращим буде стан об'єкта, що оцінюється. Допустимим буде відхилення від 0 на 20% [4].

Для визначення стану об'єкту пропонується використати компаратор, що має m входів та один вихід (рис. 1). У випадку, якщо для конкретного

об'єкту всі відхилення параметрів від еталонних значень дорівнюють нулю, або є більшими від нуля на 20% – об'єкт є «нормальним», тобто не потребує зовнішнього управління (регулювання відповідності). Однак, якщо хоч одне з відхилень дорівнює 0 – об'єкт потребує регулюючих змін для отримання його початкових параметрів або покращення відповідності вимогам соціально-екологічної безпеки за рахунок управляючих дій [4, 5].

Запропоновану методичку оцінки екологічної відповідності використано для визначення рейтингу досліджених систем за їх станом. На перше місце рейтингу пропонується розмістити об'єкт, для якого відхилення параметрів є оптимальним – варіація від еталонного значення перевищує 20%, і позначається відповідністю 1. Надалі пропонується сформулювати нову вибірку об'єктів, яка більше не буде включати в себе вищезазначений об'єкт. Розрахунки проводяться заново, починаючи з пошуку еталонних значень параметрів. За тим же принципом обирається об'єкт, який займає друге місце рейтингу. Формується оновлена вибірка. Таким чином

розрахунки проводяться до моменту повного розміщення розглянутих об'єктів у певній послідовності за значеннями екологічних відхилень (рис. 3).

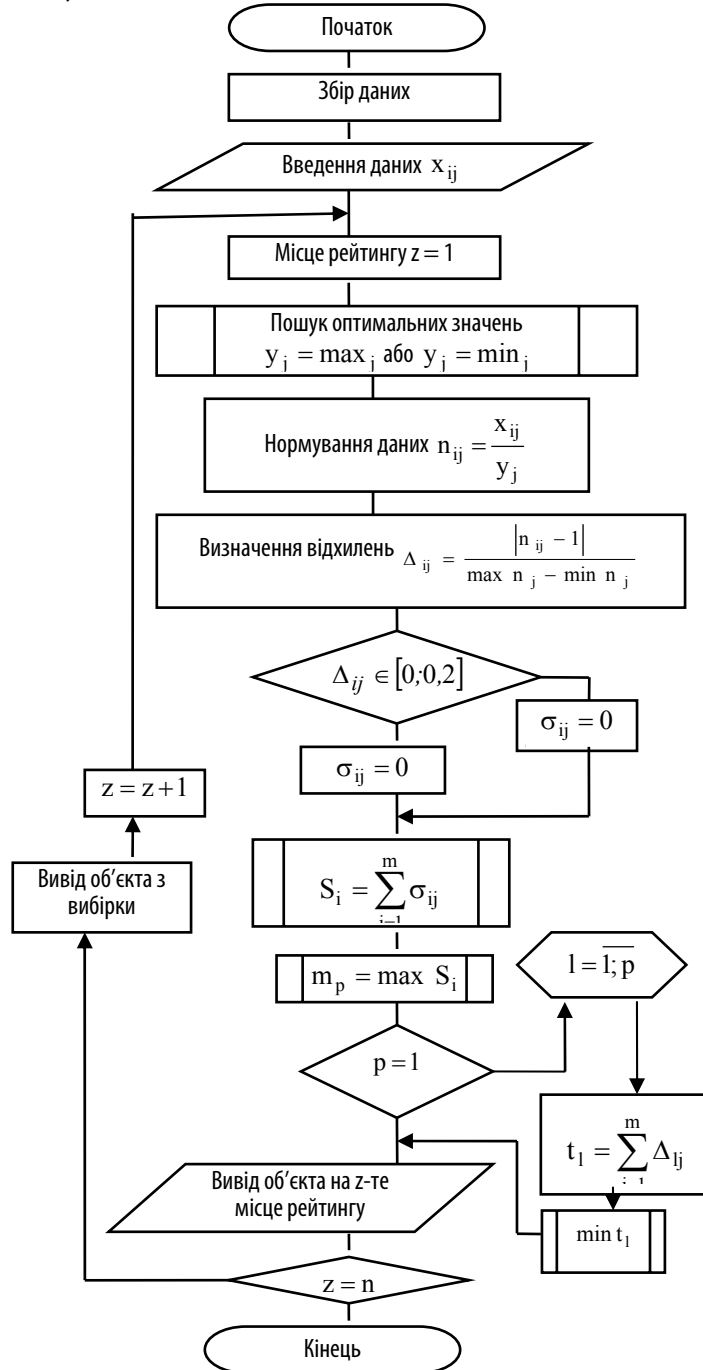


Рисунок 3 – Схема алгоритму методики оцінки якості за екологічним компаратором

Запропонований підхід компараторної ідентифікації екологічної якості у даній роботі за поданим алгоритмом реалізовано для визначення стану країн з високо розвинуеною промислово-соціальною інфраструктурою (X_1). Аналіз здійснено в рамках дев'яти параме-

трів, кожен з яких ілюструє стан країни у певному напрямку: приріст жителів, народжуваність на 1000 жителів та смертність на 1000 жителів являють собою соціальну складову; ВВП на душу населення, рівень безробіття, рівень інфляції – економічну складову; викиди CO₂

на душу населення, використання енергії (кг нафтового продукту на 1000 ВВП), відсоток територій, що охороняються – екологічну складову. В рамках дослідження були проаналізовані дані для 10 країн за три роки з рівним інтервалом – 2000, 2005, 2010 для виявлення

змін у рейтингах, які були спричинені покращенням або погіршенням значень досліджуваних параметрів (табл. 1-3).

Таблиця 1 –

Вхідні дані з оцінки якості країн за 2000

Країна	Приріст жителів	Народжуваність на 1000 жителів	Смертність на 1000 жителів	ВВП на душу населення	Рівень безробіття, %	Рівень інфляції, %	Викиди CO ₂ на душу населення	Використання енергії	Території, що охороняються, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	max	max	min	max	min	min	min	min	max
Болгарія	0	8,06	14,63	6200	17,7	10,4	0,7487	321	4,26
Зімбабве	22850	25	22,43	2500	50,)	60	1,1149	73	18,05
Єгипет	1176660	25,38	7,83	3600	11,5	3	0,5045	161	4,38
Ірландія	43581	14,51	8,14	20300	5,5	5,6	0,331	111	0,66
Мадагаскар	476090	42,92	12,69	800	5,9	10	0,135	95	2,54
Румунія	0	10,76	12,29	5900	11,5	45,7	0,5865	236	5,4
Угорщина	0	9,26	13,34	11200	90,4	9,8	0,4128	180	5,11
Україна	0	9,03	16,48	3850	4,3	25,8	1,7647	736	3,59
Фінляндія	8297	10,8	9,73	22900	9,8	3,4	0,3687	227	8,24
Чилі	174670	17,19	5,52	10100	9,0	4,5	0,3723	163	13,21

Таблиця 2 –

Вхідні дані з оцінки якості країн за 2005

Країна	Приріст жителів	Народжуваність на 1000 жителів	Смертність на 1000 жителів	ВВП на душу населення	Рівень безробіття, %	Рівень інфляції, %	Викиди CO ₂ на душу населення	Використання енергії	Території, що охороняються, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	max	max	min	max	min	min	min	min	max
Болгарія	0	9,66	14,26	9600	11,5	5	0,6311	262	8,74
Зімбабве	0	29,74	24,66	2100	80	133	0,8636	73	28,01
Єгипет	1381250	23,32	5,26	3900	9,5	4,9	0,5241	183	6,08
Ірландія	46559	14,47	7,85	41100	4,3	2,4	0,2693	90	1,21
Мадагаскар	555130	41,66	11,35	900	5,9	15	0,1097	95	2,54
Румунія	0	10,7	11,74	8100	5,9	9	0,469	189	7,75
Угорщина	0	9,76	13,19	16300	7,2	3,6	0,3384	161	5,13
Україна	0	10,49	16,42	7000	3,5	13,5	1,2891	543	3,6
Фінляндія	28607	10,5	9,79	31000	8,4	0,9	0,3392	212	8,49
Чилі	153307	15,44	5,76	11900	8,1	3,1	0,3217	149	13,27

Таблиця 3 –

Вхідні дані з оцінки якості країн за 2010

Країна	Приріст жителів	Народжуваність на 1000 жителів	Смертність на 1000 жителів	ВВП на душу населення	Рівень безробіття, %	Рівень інфляції, %	Викиди CO ₂ на душу населення	Використання енергії	Терто-рії, що охороняються, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	max	max	min	max	min	min	min	min	max
Болгарія	0	9,43	14,31	13500	9,2	4,4	0,5529	216	8,85
Зімбабве	0	31,57	14,9	500	95	5,03	0,7282	71,19	21,01
Єгипет	1607760	25,02	4,85	6200	9,7	12,8	0,5148	173	6,08
Ірландія	48059	16,37	6,3	37300	13,7	-1,6	0,2509	87	1,21
Мадагаскар	644380	37,89	7,97	900	5,9	8,1	0,1029	95	2,54
Румунія	0	9,58	11,78	11600	8,2	6	0,3735	155	7,75
Угорщина	0	9,7	12,67	18800	10,7	4,9	0,3023	147	5,14
Україна	0	9,62	15,7	6700	8,4	9,8	1,0406	438	3,6
Фінляндія	4182	10,37	10,15	35400	8,4	1,2	0,3163	201	8,49
Чилі	142270	14,46	5,9	15400	8,7	1,7	0,3249	140	13,27

За результатами реалізації методики (рис. 3) отримані такі рейтинги країн (табл. 4).

Таблиця 4 –

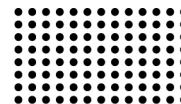
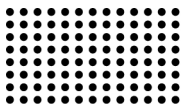
Рейтинги країн за 2000, 2005, 2010 роки за соціально-екологічними станом

Рейтинг за 2000 рік	Рейтинг за 2005 рік	Рейтинг за 2010 рік
1. Ірландія	1. Ірландія	1. Ірландія
2. Чилі	2. Чилі	2. Мадагаскар
3. Єгипет	3. Єгипет	3. Чилі
4. Мадагаскар	4. Мадагаскар	4. Фінляндія
5. Фінляндія	5. Фінляндія	5. Угорщина
6. Угорщина	6. Угорщина	6. Румунія
7. Зімбабве	7. Румунія	7. Єгипет
8. Румунія	8. Болгарія	8. Болгарія
9. Болгарія	9. Зімбабве	9. Зімбабве
10. Україна	10. Україна	10. Україна

Результати визначення рейтингу десяти країн за обраними показниками соціального, економічного та екологічного розвитку відповідають даним оцінки рівня СР країн за індексним методом [1].

Порівняння стану країн за показниками СР показало, що Румунія та Болгарія піднялись у рейтингу з 8 на 7, та з 9 на 8 місце відповідно рейтинг за 2005 рік. Це пояснюється збільшенням ВВП на душу населення, зниженням смертності, рівня безробіття, значним зниженням рівня інфляції, викидів CO₂ та використання енергії, збільшенням площини територій, що охороня-

ються в обох країнах. За 2010 рік встановлено покращення показників СР для Мадагаскару, що піднявся з 4 на 2 сходинку. Це пояснюється значним приростом населення, зниженням рівня смертності та інфляції майже у два рази. Підйом Фінляндії з 5 на 4 місце пояснюється помітним збільшенням ВВП на душу населення, деяким зниженням викидів CO₂ та використання енергії. Угорщина, що піднялася з 6 на 5 місце рейтингу, характеризується зниженими показниками смертності та викидів CO₂, значним підвищенням показника ВВП на душу населення. Румунія, положення якої змінилося



з 7 на 6, досягла цього завдяки значному підвищенню рівня ВВП на душу населення, зменшенню рівня інфляції, викидів CO₂ та використання енергії.

Звернення до відносної оцінки зрушень досліджених показників СР у запропонованій методиці дозволило визначити таку загальну закономірність: чим більша кількість значних змін в сторону екологічності спостерігається для певної країни, тим вище її положення у рейтингу.

ВИСНОВКИ

У даній роботі проаналізовано результати використання запропонованого підходу до оцінки стану об'єктів НС з позицій СР, що ґрунтується на методі компараторної ідентифікації. Аналіз одержаних результатів показав доцільність використання принципу системно-

сті з оцінки «стан–відповідність–фактори порушення рівноваги–рейтинг першочергових рішень».

Таким чином, у ході дослідження були отримані такі науково-практичні результати:

1) відповідно до цілей удосконалення системного аналізу для розв'язання задач СР запропоновано алгоритмічне забезпечення реалізації методик оцінки екологічної якості складних об'єктів із застосуванням положень методу компараторної ідентифікації (рис. 3);

2) отримано рейтинги для досліджуваних країн за їх соціально-еколого-економічним станом на 2000, 2005 та 2010 роки (табл. 4);

3) проаналізовано структури отриманих рейтингів, встановлена закономірність підвищення положення країн в кожному з них.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Zgurovskij M.Z. Global'noe modelirovanie processov ustojchivogo razvitija v kontekste kachestva i bezopasnosti zhizni ljudej /M.Z. Zgurovskij, A.D. Gvishiani. – K.: Politehnika, 2008. – 331 s.
2. Petrov K.Je. Komparatornaja identifikacija modeli formirovanija indeksa ustojchivogo razvitija /K.Je. Petrov //Sistemni doslidzhennja ta informacijni tehnologii. – 2009. – №1. – S.36-46.
3. Voronskij G.K. Geneticheskie algoritmy, iskusstvennye nejronnye seti i problemy virtual'noj real'nosti /G.K. Voronskij – H: Osnova, 1997. – 112 s.
4. Mashina N.I. Ekonomichnij rizik i metodi jogo vimirjuvanja /N.I. Mashina. – K.: Centr navchal'noї literaturi, 2003. – 188 s.
5. Bondarenko M.F. Pro zagal'nu teoriju komparatornoї identifikacii /M.F. Bondarenko, S.Ju. Shabanov-Kushnarenko, Ju.P. Shabanov-Kushnarenko //Bionika intelektu: nauk.-tehn. zhurnal. – 2008. – №2 (69). – S.13-22.

Рецензент: *д.т.н., проф. Шаронова Н.В., НТУ «Харківський політехнічний інститут», Харків.*