

## АЛГОРИТМ МЕТОДУ НАВЧАННЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КАУЗАЛЬНИХ МЕРЕЖ

**Постановка проблеми.** В сучасних умовах розвитку освіти відбувається переосмислення процесу навчання, його принципів, технологій, форм, засобів, методів. Але не кожна навчальна дисципліна отримує достатнє методичне забезпечення з урахуванням потреб сьогодення.

«Неруйнівний контроль» є обов'язковою дисципліною для студентів метрологічного спрямування, а окремі його питання висвітлюються в курсах деяких технічних дисциплін для студентів інших напрямів. Навчальний матеріал із цього напрямку має великий об'єм, який постійно зростає.

Тому постає актуальна проблема розробки сучасної методики навчання неруйнівного контролю, за допомогою якої можлива вільна й ефективна адаптація в умовах постійних змін як інформативної бази дисципліни, так і вимог до її навчання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З огляду на проблеми, що постають перед розробниками методики навчання неруйнівного контролю, на нашу думку, доцільно звернутися до галузі когнітивної науки (рос. – когнитивистика; англ. – cognitive science). Цей міждисциплінарний напрямок, що об'єднує в собі елементи педагогіки, штучного інтелекту, антропології, психології, філософії, нейрофізіології та лінгвістики, спрямовується на створення біологічно правдоподібних методів пізнання [30]. Також когнітивна наука відома під назвою «штучний інтелект у навчанні» [2].

Моделі подання знань із галузі штучного інтелекту в навчанні мають у перспективі широкі можливості за умови їх застосування в навчанні технічних дисциплін. Найбільшою уваги заслуговують мережеві моделі, а конкретніше – каузальні мережі. Ці мережі відображають причинно-наслідковий зв'язок між елементами мережі та можуть бути імплікаційними (присутній бінарний логічний зв'язок) [7].

Можливість зробити висновок про причинно-наслідкові зв'язки має «важливе значення для наукового мислення, а також є основою для навчання розумним діям у повсякденній діяльності» [28, с. 454].

Методологія каузального навчання широко досліджується прогресивними європейськими та американськими вченими. У цих дослідження виділяються такі напрямки: роботи загальнотеоретичного характеру з відповідної проблематики [10; 11; 12; 13; 15; 20; 21; 29]; проблеми та шляхи вдосконалення методик навчання студентів [27; 28] та дітей дошкільного віку [9; 17; 23; 24; 25; 26]; каузальні процеси мислення людей [14; 16; 18; 19]. Подібні підходи в основному базуються на математично обґрунтованих комп'ютерних моделях. У більшості цих автентичних підходів акцент робиться на вдосконаленні інтелектуальних процесів.

Але всі вищезазначені підходи, що полягають у використанні алгоритмів розумової діяльності, повинні бути адаптованими до певної предметної галузі. Як вірно зазначає Л. Б. Резнік, «...ізольоване навчання інтелектуальним навичкам, незалежно від того, як витончене навчання, навряд чи забезпечить широко використовувану інтелектуальну здатність» [22, с. 50]. Метод навчання неруйнівного контролю, заснований на каузальних мережах, повинен відповідати специфіці цієї предметної галузі.

**Постановка завдання.** Метою статті є розробка алгоритму методу навчання з використанням каузальних мереж, що спрямовується на підвищення ефективності методики навчання неруйнівного контролю.

**Виклад основного матеріалу.** Граф із каузальними зв'язками передбачає, що від будь-якого поняття будь-якого з блоків є можливість просунути мінімум до двох інших понять двох інших блоків. Просування можливе як від причин до наслідків (за стрілкою), так і в зворотному напрямку. Причини і наслідки повинні підпорядковуватися ситуації.

Подібні ситуації моделюються педагогом. Ми вбачаємо таку можливість у формулюванні проблемних завдань для створення відповідних ситуацій, що є елементом проблемного навчання.

Під проблемним навчанням розуміємо «...організований педагогом спосіб активної взаємодії того, хто навчається, з проблемно представленим змістом навчання, у ході якого він долучається до об'єктивних протиріч наукового знання та способам їх вирішення, навчається мислити, творчо засвоювати знання» [5, с. 386-387].

Метод навчання, що пропонується далі, через розв'язання проблемних ситуацій, повинен допомагати викликати пізнавальну потребу студента, давати йому необхідну спрямованість думки і тим самим викликати особистісний інтерес до вирішення тих чи інших пізнавальних завдань.

Зважаючи на зміст дисципліни «Неруйнівний контроль» [6], знання студентів формуються за дев'ятьма темами. Ці теми відповідають стандартним видам контролю. Викладач повинен акцентувати увагу на загальних фізичних основах, методах і способах здійснення кожного виду контролю, змісті дефектоскопії, товщинометрії та структуроскопії, характерних особливостях, галузях застосування засобів неруйнівного контролю тощо. Враховуючи обмеженість часу на навчання дисципліни, згаданим аспектам можна приділити небагато часу, тобто аналіз повинен здійснюватися на загальному рівні. Більш детально аналізуються конкретні методи з кожного виду контролю. Логічно, що такими є найбільш уживані та універсальні методи. Таким чином, саме для аналізу десяти методів (контроль проникаючими речовинами поділяється на два підвиди: капілярний контроль та контроль герметичності чи течопошук) неруйнівного контролю доцільно використовувати каузальні мережі.

Проаналізувавши загальні питання, студенти переходять до роботи з проблемними завданнями, що відповідають змісту каузальних мереж.

Враховуючи специфіку дисципліни, за класифікацією М. І. Махмутова [4, с. 97-101], у даному випадку можливі такі способи створення проблемних ситуацій:

- спонукання студентів до теоретичного пояснення явищ, фактів, зовнішньої невідповідності між ними;
- використання навчальних і життєвих ситуацій, що виникають при виконанні практичних завдань у процесі навчання чи на виробництві;
- постановка навчальних практичних завдань на пояснення явища або пошук шляхів його практичного застосування;
- спонукання до порівняння, зіставлення і протиставлення фактів, явищ, правил, дій, в результаті яких виникає проблемна ситуація;
- ознайомлення з фактами, що носять як нібито нез'ясовний характер та призвели в історії науки до постановки наукової проблеми;
- організація міжпредметних зв'язків;
- варійовані завдання, переформулювання питання.

Процес створення проблемних ситуацій за допомогою відповідних проблемних завдань повинен задовольняти всі відповідні вимоги.

Студенти, стикнувшись із проблемною ситуацією, починають пошук її вирішення. Вірно побудована або обрана педагогом каузальна мережа повинна надати допомогу у вирішенні подібної ситуації у вигляді підказок або напрямку розвитку думки. У випадку, якщо в мережі буде представлятися готова повна відповідь, відображення каузальних зв'язків буде потребувати перегляду.

Розглянемо метод навчання на рівні алгоритму (рис.).

Алгоритм складається з аналізу загальної інформації та розв'язання проблемного завдання (у відповідності з найбільш широкоживаними етапами розв'язання). У такому вигляді метод, враховуючи зміст дисципліни, містить два етапи: ознайомлення студентів із загальною інформацією, що стосується виду контролю та детальний аналіз одного методу неруйнівного контролю.

На першому етапі (п. 1), аналізуючи кожну тему з дисципліни «Неруйнівний контроль» з використанням пояснювально-ілюстративних, репродуктивних та проблемних методів, студенти знайомляться на понятійно-аналітичному або продуктивно-синтетичному рівні з фізичними основами виду контролю, класифікаціями за різними ознаками його методів, засобами контролю та їх особливостями, сферами застосування тощо.

Детальний аналіз методу неруйнівного контролю складає другий етап (п. 2). Як уже згадувалося, навчання в контексті цього змісту здійснюється з використанням проблемних завдань та каузальних мереж. Яким конкретним чином каузальна модель допомагає у вирішенні подібної ситуації? Замкнутий зв'язок «Фізичні основи – Схема пристрою – Методика використання» повністю відображає зміст дисципліни. Студент, отримавши проблемне завдання, що створило проблемну ситуацію, повинен його проаналізувати. За правилами створення подібних ситуацій, вони повинні містити максимум доступної інформації. Така інформація є відправною точкою на шляху руху каузальною мережею.

На наступному етапі відбувається опрацювання каузальної мережі (п. 3). Метод навчання передбачає, що для початку необхідно віднайти інформацію, що стосувалася б чи фізичних основ методу, чи схеми засобу контролю, чи методики його використання в завданні, а потім необхідно відшукати ту ж інформацію на каузальній мережі у вигляді вершин блоків (п. 3.1). За умови вірної побудови мережі та постановки проблемного завдання, обов'язково повинні бути такі збіги.

Пройшовши попередній, на наступному етапі студент повинен побачити зв'язки відомої інформації з вершинами інших блоків (п. 3.2). У випадку знаходження на мережі однієї вершини з відомою інформацією, враховуючи структуру каузальної моделі подання знань з дисципліни «Неруйнівний контроль», достовірно зрозуміло, що ця вершина буде поєднуватися з мінімум двома вершинами – по одній вершині кожного з інших двох блоків. У разі знаходження на мережі двох вершин із відомою інформацією в межах одного блоку, достовірно зрозуміло, що ці вершини будуть поєднуватися з мінімум чотирма вершинами – по дві вершини кожного з інших двох блоків тощо. У випадку знаходження на мережі двох вершин з відомою інформацією в межах двох різних блоків, достовірно зрозуміло, що ці вершини будуть поєднуватися з мінімум чотирма вершинами – по дві вершини кожного з інших двох блоків тощо.

Якщо три вершини з відомою інформацією кожного з трьох блоків поєднані між собою та не мають інших зв'язків, постає можливим варіант, який полягає в тому, що мережа ніяким чином не допоможе в пошуку вирішення проблемного завдання. Але, поперше, авторами допускається та пропагується впровадження додаткових графічних елементів (рисунок, схеми тощо) на каузальних мережах за рахунок відповідних засобів у межах, достатніх для додержання критеріїв наочності, швидкості орієнтації у мережі та інших специфічних критеріїв. Подібна візуалізація, окрім відомих дидактичних функцій, є ще одним інструментом, що допомагає у пошуку необхідної відповіді. По-друге, якщо ж три поєднані між собою вершини з відомою інформацією кожного з трьох блоків не мають інших зв'язків і в межах цих зв'язків немає ніяких графічних підказок, все одно досягається дидактичний ефект. Цей ефект полягає в тому, що людина усвідомлює або ще раз для себе підкреслює причинно-наслідковий зв'язок між певною фізичною величиною чи фізичним явищем, схемою пристрою та методикою його використання.

Наступний етап полягає у визначенні характеру зв'язку між вершинами (п. 3.3). Незважаючи на те, що в теорії каузальних мереж пропонується лише один тип зв'язку – причинно-наслідковий, – дві пов'язані вершини ніколи не можуть бути однотипними. Обов'язково одна вершина повинна бути причиною, а інша – наслідком. У статичному вигляді мережі від причини до наслідку зв'язок позначається стрілкою. Але умови завдання можуть вимагати як визначення причини наслідку, так і наслідку причини. Тому рух можливий в обох напрямках, тобто досить логічно, що з точки зору користувача мережею причина та наслідок можуть бути по черзі як вхідною, так і вихідною вершиною.

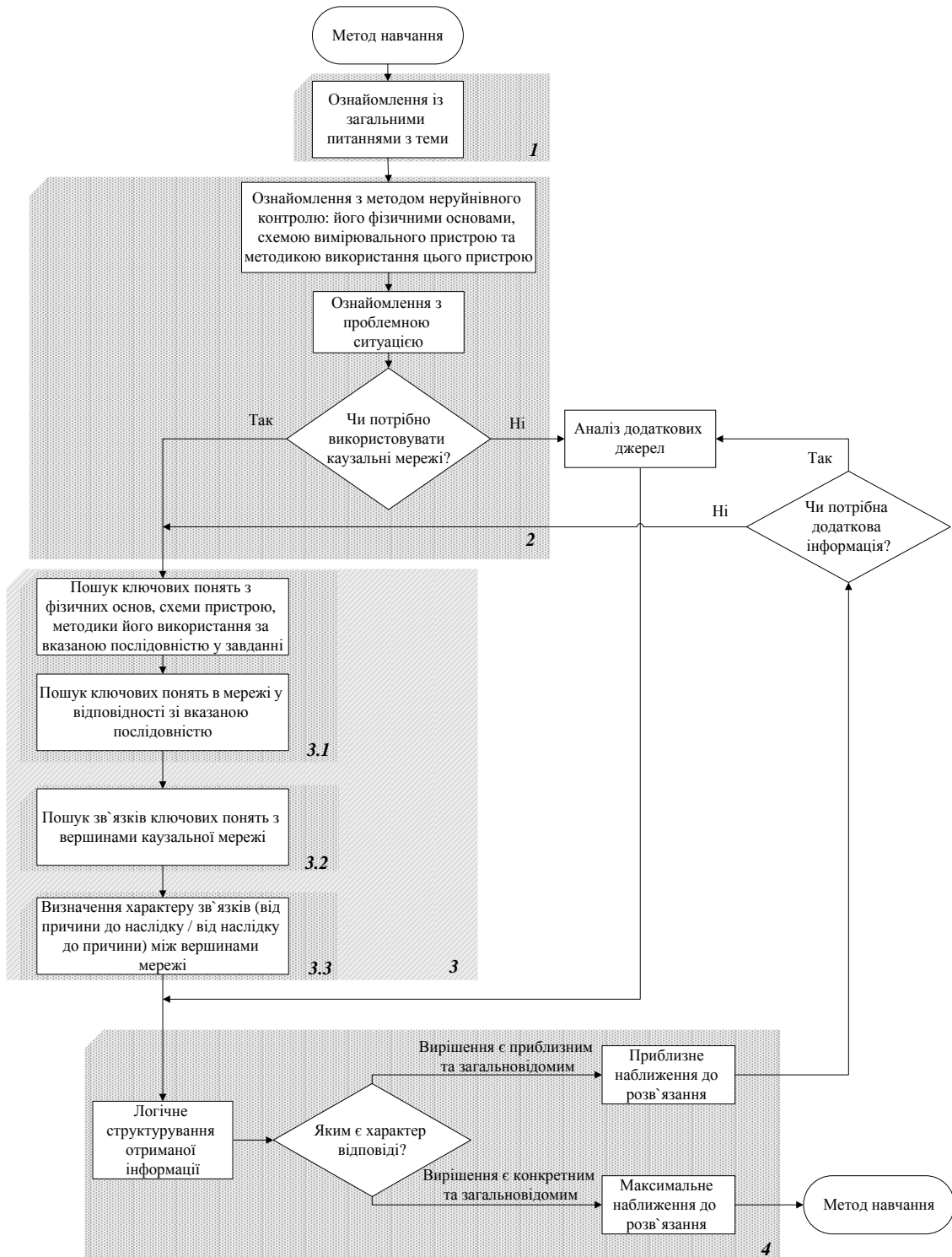


Рис. Узагальнений поетапний алгоритм методу навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів із використанням каузальних мереж

Визначивши важливі інформативні елементи у проблемному завданні, відшукавши на каузальній мережі ці ключові слова, отримавши дані стосовно взаємозв'язку цих відомих інформативних елементів з іншими елементами інших блоків, установивши їх характер (причина/наслідок), студент у залежності від рівня інтелектуальних здібностей зможе або певним чином впоратися із завданням, або значно підійти до його вирішення (п. 4). Це

вирішення може бути чи конкретним та загальновідомим, чи приблизним та загальновідомим. Таке формулювання та вид проблемних завдань відповідає відповідним теоретичним розробкам із цього питання. Згідно з характером розв'язання завдання, каузальні мережі або максимально наближують до його вирішення, або дають приблизний чи абстрактний напрямок розв'язання. На кожному кроці пошуку відповіді на проблемне завдання існує можливість користування додатковими джерелами інформації (експертної чи довідникової), але це не є обов'язковою складовою методу навчання. Багато авторів наголошує на необхідності присвячення найбільш значної уваги змісту, що стосується безпосередньо предметних знань (фактів) у порівнянні з фоновими знаннями (викладками, тлумаченнями, поясненнями) та інформацією, яку прийнято називати «водою», що досягає часом надзвичайно великих обсягів [1, 3]. Із цього випливає проблема доцільності користування джерелами, що містять невеликий об'єм предметних знань у порівнянні з фоновими знаннями та «водою». В результаті логічного структурування отриманої інформації студент вирішує проблемне завдання. У випадку наявності сумнівів щодо вірогідності отриманої відповіді, можливими є повторення шляху роботи з каузальною мережею та використання додаткових джерел.

Метою запропонованого методу є не тільки вирішення проблемних завдань, а й оволодіння студентами на їх основі міцними знаннями та навичками у відповідності з вимогами до випускників цього профілю. Досягнення цього буде свідчити про ефективність методу. У випадку, якщо студенти при вирішенні інших завдань зі змісту дисципліни «Неруйнівний контроль» будуть будувати самостійно каузальні моделі, це буде свідчити про додаткову ефективність методу. Такий варіант можливий у випадку виникнення пасивної проблемної ситуації, тобто ситуації, що виникає спонтанно.

Керування викладачем навчально-пізнавальною діяльністю студентів, за думкою А. В. Хуторського, повинно: 1) спрямовувати студента на правильне розв'язання пізнавальних задач і в процесі цього розв'язання розвивати його мислення і творчі здібності; 2) сигналізувати про хибні шляхи, на які може стати студент, розв'язуючи задачу, виявляти суть помилок і тим самим сприяти свідомій діяльності, спрямованій на вихід із проблемної ситуації; 3) надавати студенту під час розв'язування пізнавальних задач допомогу, не позбавляючи його самостійності і не послаблюючи вольових зусиль, потрібних для розвитку пізнавальної активності; 4) підтримувати емоційний тонус студента, його впевненість у тому, що він при достатній мобілізації знань і здібностей зможе розв'язати поставлене перед ним завдання [8]. Окрім цього, у конкретному випадку роль викладача полягає у формулюванні проблемних завдань, побудові каузальних моделей подання знань у відповідності з методом конкретного виду неруйнівного контролю й у наданні консультацій та рекомендацій з їх користування та ін.

**Висновки.** Каузальні моделі подання знань відповідають основним дидактичним принципам, що свідчить про можливість їх використання у навчальному процесі. Для навчання дисципліни «Неруйнівний контроль» вбачається перспективним використання каузальних мереж для вирішення відповідних проблемних завдань у межах розгляду певного методу неруйнівного контролю. У поетапному вирішенні проблемної ситуації з використанням відповідного інструментарію полягає метод навчання.

**Перспективи подальших досліджень.** Проблема навчання неруйнівного контролю з використанням каузальних мереж є багатоаспектною та складною, тому потребує подальших досліджень.

### Список використаних джерел

1. Атанов Г. А. Возрождение дидактики – залог развития высшей школы / Г. А. Атанов. – Донецк: ДОУ, 2003. – 180 с.
2. Атанов Г. О. Знання як засіб навчання: навч. посібник / Г. О. Атанов. – К.: Кондор, 2008. – 236 с.

3. Гаврилова Т. А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Т. А. Гаврилова, К. Р. Червинская. – М.: Радио и связь, 1992. – 199 с.
4. Махмутов М. И. Организация проблемного обучения в школе : Книга для учителей / М. И. Махмутов. — М.: Просвещение, 1977. — 240 с.
5. Педагогика: Большая современная энциклопедия / сост. Е. С. Рапацевич – Минск: Современ. слово, 2005. – 720 с.
6. Автоматизація контролю та неруйнуючий контроль : робоча навч. програма для спец. 7.010104.35 та 8.010104.35 «Професійне навчання. Метрологія, стандартизація та сертифікація» / Укр. інж.-пед. акад. ; упоряд.: В. О. Повгородній, Д. І. Шматков. – Х., 2011. – 15 с.
7. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.
8. Хуторской А. В. Развитие одаренности школьников. Методика продуктивного обучения / А. В. Хуторской. – М.: Владос, 2000. – 319 с.
9. A theory of causal learning in children: causal maps and bayes nets / A. Gopnik, C. Glymour, L. E. Schulz [et al.] // *Psychological review*. – 2004. – Vol. 111, no. 1. – P. 3–32.
10. Buehner M. J. From covariation to causation: a test of the assumption of causal power / M. J. Buehner, P. W. Cheng, D. Clifford // *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*. – 2003. – Vol. 29, no 6. – P. 1119–1140.
11. Chaigneau S. Assessing psychological theories of causal meaning and inference / S. Chaigneau, A. K. Barbey // *Proceedings of the Thirtieth annual science society*. – Hillsdale, NJ: Erlbaum, 2008 – P. 1111–1116.
12. Danks D. Constraint-based human causal learning / D. Danks // *Proceedings of the 6th international conference on cognitive modeling (ICCM-2004)* / M. Lovett, C. Schunn, C. Lebiere, & P. Munro [eds.]. – Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2005. – P. 342–343.
13. Danks D. Dynamical causal learning / D. Danks., T. L. Griffiths // *Advances in neural information processing systems* / S. Becker, S. Thrun, & K. Obermayer [eds.]. – Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2003. – Vol. 15. – P. 67–74.
14. Danks D. Effects of causal strength on learning from biased sequences / D. Danks, S. Schwartz // *Proceedings of the 28th annual meeting of the cognitive science society* / R. Sun & N. Miyake (eds.). – Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. – P. 1180–1185.
15. Dickinson A. The 28th Bartlett memorial lecture. causal learning: an associative analysis / A. Dickinson // *Quarterly journal of experimental psychology: comparative and physiological psychology*. – 2001. – Section B. – Vol. 54, issue 1. – P. 3–25.
16. Gano D. L. Apollo root cause analysis – a new way of thinking / D. L. Gano. – 3-rd ed. – Huston: Apollonian Publications, 2007. – 178 p.
17. Gopnik A. Detecting blickets: how young children use information about novel causal powers in categorization and induction / A. Gopnik, D. M. Sobel // *Child development*. – 2000. – Vol. 71, no. 5. – P. 1205–1222.
18. Jara E. Second-order conditioning of human causal learning / E. Jara, J. Vila, A. Maldonado // *Learning and motivation*. – 2006. – Vol. 37, issue 3. – P. 230–246.
19. Laux J. P. Causal discounting in the presence of a stronger cue is due to bias / J. P. Laux, K. M. Goedert, A. B. Markman // *Psychonomic Bulletin & Review*. – 2010. – Vol. 17, no. 2. – P. 213–218.
20. Oxford handbook of causation / H. Beebe, C. Hitchcock, P. Menzies (Eds.). – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 816 p.
21. Rehder B. Causal-based property generalization / B. Rehder // *Cognitive science*. – 2009. – Vol. 33, no. 3. – P. 301–344.
22. Resnik L. B. Education and learning to think. – Washington, D. C.: National academy press, 1987. – 62 p.

23. Sobel D. M. Bridging the gap: causality-at-a-distance in children's categorization and inferences about internal properties / D. M. Sobel, D. W. Buchanan // *Cognitive development*. – 2009. – Vol. 24, no. 3. – P. 274–283.
24. Sobel D. M. Children's causal inferences from indirect evidence: backwards blocking and bayesian reasoning in preschoolers / D. M. Sobel, J. B. Tenenbaum, A. Gopnik // *Cognitive science*. – 2004. – Vol. 28, no. 3. – P. 303–333.
25. Sobel D. M. Domain generality and specificity in children's causal inference about ambiguous data / D. M. Sobel, S. E. Munro // *Developmental psychology*. – 2009. – Vol. 45, no. 2. – P. 511–524.
26. Sobel D. M. Interactions between causal and statistical learning / D. M. Sobel, N. Z. Kirkham // *Causal learning: psychology, philosophy, and computation* / edited by Alison Gopnik. – New York: Oxford University Press, 2007. – P. 139-153.
27. Sobel D. M., The importance of decision making in causal learning from interventions / D. M. Sobel, T. Kushnir // *Memory & Cognition*. – 2006. – Vol. 34. – No. 2. – P. 411–419.
28. Steyvers M. Inferring causal networks from observations and interventions / M. Steyvers, J. B. Tenenbaum, E.-J. Wagenmakers [et al.] // *Cognitive science*. – 2003. – Vol. 27, no. 3. – P. 453–489.
29. Tenenbaum J. B. Structure learning in human causal induction / J. B. Tenenbaum, T. L. Griffiths // *Advances in neural information processing systems*. – Cambridge, MA: MIT Press, 2001. – Vol. 13. – P. 59–65.
30. Thagard P. *Cognitive science: the Stanford encyclopedia of philosophy* [Electron resource] / P. E. Thagard ; N. Zalta (ed.) ; Fall 2008 Edition. – Access mode: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/cognitive-science>.

***Лазарев М. І., Шматков Д. І.***

*Алгоритм методу навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів із використанням каузальних мереж*

У статті розглянуто проблеми навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів. Запропоновано алгоритм методу навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів із використанням каузальних мереж з метою розв'язання проблемних завдань. Наведено детальний поетапний аналіз методу з обґрунтуванням можливості його впровадження.

**Ключові слова:** неруйнівний контроль, каузальна мережа, проблемне завдання, проблемна ситуація, проблемне навчання, метод навчання, інженер-педагог.

***Лазарев Н. И., Шматков Д. И.***

*Алгоритм метода обучения неразрушающего контроля будущих инженеров-педагогов с использованием каузальных сетей*

В статье рассматриваются проблемы обучения неразрушающего контроля будущих инженеров-педагогов. Предлагается алгоритм метода обучения неразрушающего контроля будущих инженеров-педагогов с использованием каузальных сетей для решения проблемных задач. Приводится детальный поэтапный анализ метода с обоснованием возможности его внедрения.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, каузальная сеть, проблемная задача, проблемная ситуация, проблемное обучение, метод обучения, инженер-педагог.

***N. Lazarev, D. Shmatkov***

*Algorithm Training Method of Nondestructive Testing of Future Teacher-Engineer Using Causal Networks*

The article considers the problems of teaching non-destructive testing to future teacher-engineers. An algorithm is suggested for teaching a nondestructive testing to future teacher-engineers using causal networks to solve challenging tasks. A detailed step-by-step analysis of the method is given, substantiating it possible implementation.

**Key words:** non-destructive testing, causal network, problem task, problem situation, problem teaching, teaching method, teacher-engineers.

*Стаття надійшла до редакції 23.11.2011 р.*