

## РОЗРОБКА КАУЗАЛЬНИХ МЕРЕЖ ПОДАННЯ ЗМІСТУ НАВЧАННЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ

**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. Так, наприклад, неруйнівний контроль об'єднує дев'ять видів контролю (магнітний, електричний, вихрострумний, тепловий, радіохвильовий, акустичний, радіаційний, оптичний та контроль проникаючими речовинами) та сотні методів.

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.** Із 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 напрям, що об'єднує в собі елементи педагогіки, штучного інтелекту, антропології, психології, філософії, нейрофізіології та лінгвістики, спрямовується на створення біологічно правдоподібних методів пізнання [27]. Також когнітивна наука широко пропонується під назвою «штучний інтелект у навчанні» [1].

Моделі подання знань із галузі штучного інтелекту в навчанні мають у перспективі широкі можливості для їхнього застосування в навчанні технічних дисциплін. Найбільшої 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) [4].

Розуміння причинної обумовленості було головним питанням обговорення протягом часу: від «паралелізму причин і умов» Будди, категорій причин Аристотеля та Ф.Аквінського до виділення Д. Юмом найважливішого впливу розуміння причинно-наслідкових зв'язків, яке допомагає пояснювати й пророкувати поведінку речей для керування ними, «рибної кістки», як методу структурного аналізу причинно-наслідкових зв'язків К. Ішикави та основних принципів причин-наслідків для простого інтуїтивного процесу рішення проблем Д. Л. Гейно [12]. Причинне мислення – процес розуміння причин конкретного випадку, за рахунок чого постає можливість управляти ними у власних інтересах.

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» [25, с. 454].

Перевагою каузальних мереж є те, що в понятті «каузальність» відображається «загальне значення причинності в широкому розумінні слова, тобто обумовленості» [2, с. 210]. Це наявність усіх обставин, які вже мають місце у певній ситуації до настання наслідку, тобто обставин, за яких можливий, вірогідний, але й не обов'язковий безпосередній перехід від причини до наслідку. Причина ж розуміється як сукупність усіх або більшості обставин, умов, за яких перехід від причини до наслідку необхідний [2]. Тобто каузальна мережа відображає можливі, ймовірнісні, а не чіткі алгоритмічні напрями розвитку ситуації. Це збільшує її функціональність та ефективність у порівнянні з іншим варіантом.

Методологія каузального навчання широко досліджується прогресивними європейськими та американськими вченими. Подібні питання досліджують науковці з Оксфордського та Кембриджського університетів, Університету Кардіфа (Велика Британія); Університету Гранаді (Іспанія); Університету Каліфорнії в Берклі, Стенфордського університету, Массачусетського технологічного інституту, Нью-Йоркського університету, Університету Карнегі-Меллон (США) та інших закладів. У цих дослідження виділяються такі напрями: роботи загальнотеоретичного характеру з відповідної проблематики [6; 7; 8; 9; 11; 16; 17; 26]; проблеми та шляхи вдосконалення методик навчання студентів [24; 25] та дітей дошкільного віку [5; 13; 20; 21; 22; 23]; каузальні процеси мислення людей [10; 12; 14; 15]. 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» [18, с. 50]. Метод навчання неруйнівного контролю, заснований на каузальних мережах, повинен відповідати специфіці цієї предметної галузі.

**Постановка завдання.** Метою статті є розробка алгоритму побудови дієвої моделі подання знань, що спрямовується на підвищення ефективності методики навчання неруйнівного контролю.

**Виклад основного матеріалу.** Каузальні мережі вирізняються простотою побудови, нотаційною адекватністю, доступністю, адаптивністю, дидактичною операційністю, ергономічністю, економічністю, універсальністю, ефективною розмірністю, зручністю розробки системи на основі мережі, довговічністю, інтерперабельністю, інтелектуальними можливостями, зв'язністю знань, можливостями ефективного застосування до навчання технічних дисциплін та ін. Застосування каузальних мереж до навчання технічних дисциплін з огляду на обрану тематику потребує найбільш ретельного аналізу.

Розглянемо це питання на прикладі дисципліни «Неруйнівний контроль». За допомогою каузальних зв'язків постає можливим відображення відношень між інформативними блоками, що є характерними для відповідної предметної галузі: «Фізичні основи», «Схема пристрою», «Методика використання методу контролю». Такі відношення можна будувати для конкретних методів із використанням певного засобу неруйнівного контролю. Цей підхід має багато схожого з відомою філософією інженерного навчання під назвою ІДРЕ (Ідея / Дизайн / Реалізація / Експлуатація) [28].

Блоки мережі повинні поділятися на відповідні вершини графу. Так, наприклад, блок «Фізичні основи» може містити такі вершини: «Явище гістерезису», «Магнітна сприйнятливність» та ін. – для магнітопорошкового методу неруйнівного контролю; «Радіопрозорість», «Діелектрична провідність» та ін. – для амплітудно-фазового методу радіохвильового виду контролю тощо. Тобто, це ті явища, характеристики та параметри, що можна віднести до фізичного обґрунтування певного процесу. Для блоку «Схема пристрою» як вершини можуть представлятися всі або найбільш важливі (ті, що виокремлюють даний пристрій серед інших) конструктивні елементи засобу контролю, наприклад: «Генератор», «Атенюатор» та ін. – для амплітудно-фазового методу радіохвильового виду контролю; «Лазер», «Фотоприймач» та ін. – для методу лазерної інтерферометрії; «Вимірювальні електроди», «Струмові електроди» та ін. – для електропотенціального методу неруйнівного контролю тощо. Блок «Методика використання» повинен висвітлювати найбільш важливі моменти, що стосуються особливостей проведення вимірювань за допомогою пристроїв певного методу контролю. Наприклад, вершинами в цьому блоці можуть бути: «Чутливість методу», «Форма, глибина та розмір дефекту», «Використання додаткових елементів», «Розташування вимірювальних перетворювачів», «Форма та розмір об'єкту контролю» тощо. Саме усвідомлення зв'язку між вершинами цих блоків призводить до ефективного

навчання майбутнього інженера-конструктора, інженера-технолога або педагога з цієї дисципліни.

Дуги між вершинами повинні відображати причинні зв'язки. На нашу думку, найбільш доцільно використовувати такий алгоритм, що відповідає логіці: фізичні основи визначають побудову пристрою та методику використання (умовно кажучи, є їх причиною); схема пристрою визначає (є причиною) методику (и) використання (рис. 1).

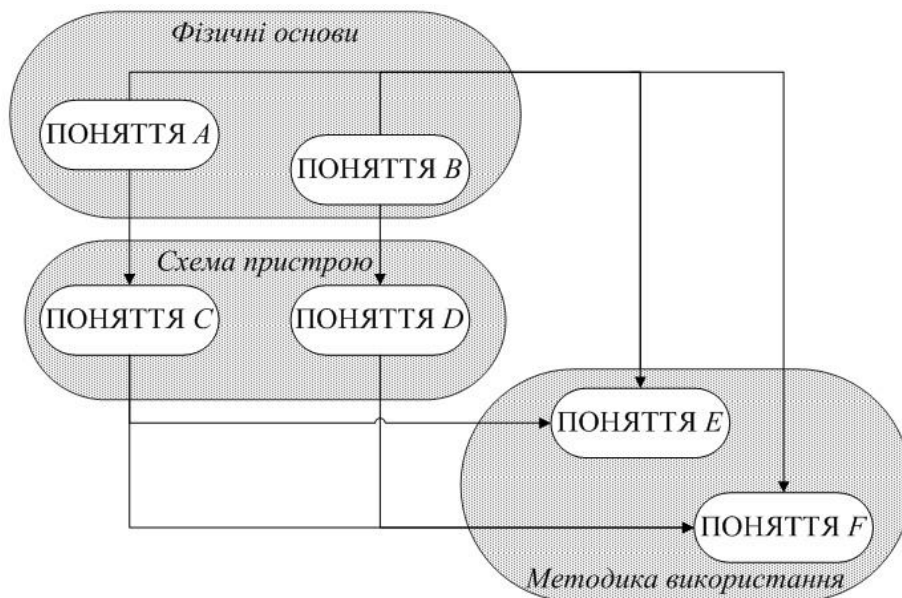


Рис. 1. Фрагмент замкнутої каузальної мережі «Метод неруйнівного контролю» в довільній формі: Поняття *A* є причиною Поняття *C*, Поняття *E*, Поняття *F*; Поняття *B* обумовлює Поняття *D*, Поняття *E*, Поняття *F*; Поняття *C* є причиною Поняття *E* та Поняття *F*; Поняття *D* обумовлює Поняття *F*

Окрім ряду переваг даної мережі, що показує аналіз альтернативних мереж, результати якого наведені нижче, слід також виділити таке. Чим більше в мережі представлено зв'язків (особливо двосторонніх), тим більше ситуації, які охоплюють мережі, стають визначеними, і, відповідно, їх подальший розвиток легше спрогнозувати.

Розглянемо інші варіанти таких мереж. Можливі каузальні зв'язки в межах одного блоку. Наприклад, у темі «Магнітний неруйнівний контроль» необхідно враховувати, що в певному причинно-наслідковому зв'язку перебувають магнітна індукція, абсолютна магнітна проникність та напруженість магнітного поля (магнітна індукція дорівнює добутку абсолютної магнітної проникності та напруженості магнітного поля), також у певному причинно-наслідковому зв'язку перебувають магнітна сприйнятливність, намагніченість та напруженість магнітного поля (магнітна сприйнятливність визначається відношенням намагніченості одиниці об'єму речовини до напруженості магнітного поля, що намагнічує) та інші величини чи явища. Вже на цьому етапі виникає ряд серйозних труднощів для педагога. По-перше, необхідно точно відділити фізичні явища та фізичні величини одні від інших. По-друге, потрібно чітко ієрархізувати ці дані. Перші дві проблеми не є надважкими, але третя потребує серйозного вирішення. Вона полягає в тому, що виявлення причин та наслідків залежить від умов процесу, в якому вони з'являються. Наприклад, у залежності від умов, величини з указаної залежності «магнітна індукція – абсолютна магнітна проникність – напруженість магнітного поля» в окремих випадках реальних ситуацій можуть бути як причинами, так і наслідками (рис. 2). Особливої сили така проблема набуває у випадку міцного причинно-наслідкового зв'язку великої кількості вершин, адже адаптація моделі до випадків зміни умов є нечіткою. Найбільший, четвертий, недолік полягає в тому, що відокремлене представлення знань із фізики підходить до курсу загальної фізики, проте,

хоча для всіх технічних дисциплін ці знання є обов'язковими, їх окреме існування, без предметного наповнення, є безглуздим.

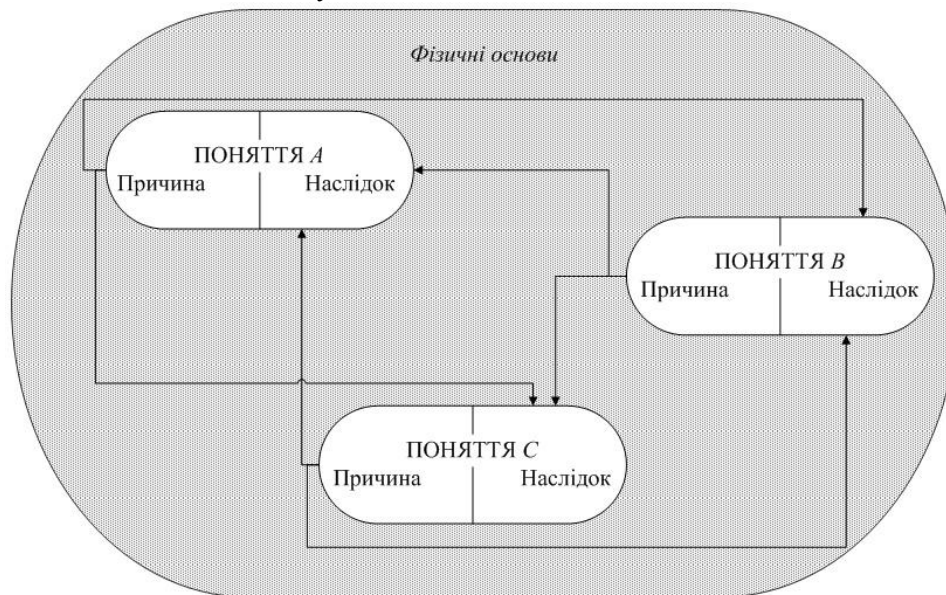


Рис. 2. Фрагмент каузальної мережі «Фізичні основи»

Причинно-наслідкові зв'язки блоку «Схема пристрою» також можна представити окремо. Наприклад, у темі «Тепловий неруйнівний контроль» при аналізі методу яскравісної пірометрії з використанням пірометра зі «зникаючою» ниткою постають очевидними причинно-наслідкові зв'язки від реостату до еталонної лампи розжарювання, від реостату до міліамперметра та ін. У темі «Радіаційний неруйнівний контроль» при аналізі методу нейтронної радіографії з використанням відповідного радіографа виявляються причинно-наслідкові зв'язки від джерела нейтронів до захисної конструкції, від джерела нейтронів до коліматора тощо (рис. 3). Як позитивний момент такого формату представлення знань виступає більш детальне усвідомлення процесів конструювання пристроїв. Такий підхід, що полягає у представленні знань, які стосуються лише конструкцій відповідних пристроїв, створює менше складностей ніж відповідний підхід до представлення фізичних основ. Але й тут не можна говорити про особливу його функціональність за такої однобічності. Тобто за відсутності представлення причинно-наслідкових зв'язків з іншими блоками важко гарантувати досягнення відповідних цілей навчання, та взагалі втрачається сенс запровадження каузальних мереж.

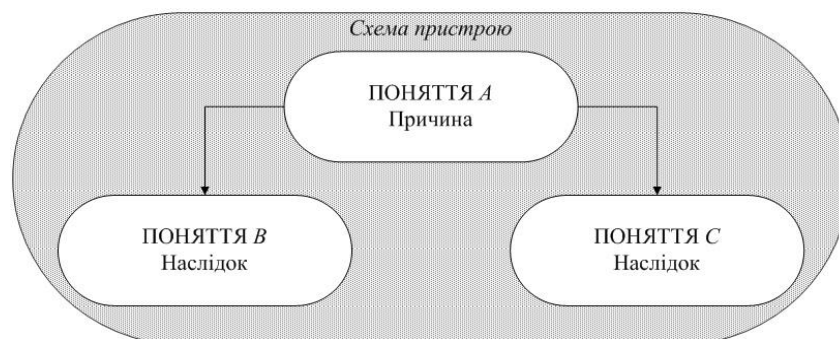


Рис. 3. Фрагмент каузальної мережі «Схема пристрою»

Такі ж особливості виділяються й у блоці «Методика використання». Хоча, як і в попередніх випадках, його виокремлення з повним відображенням причинно-наслідкових

зв'язків, є можливим. Наприклад, із теми «Контроль проникаючими речовинами» можна побачити подібні зв'язки при аналізі методу мас-спектрометрії: чутливість методу є наслідком режиму течії контрольованого газу, типу фокусування аналізатора, якості пробної речовини, типу та матеріалу об'єкта контролю тощо; при аналізі методу капілярного кольорового методу: чутливість методу є наслідком якості підготовки поверхні об'єкта контролю, ретельності нанесення пенетранта та видалення його надлишків, типу та матеріалу об'єкта контролю тощо (рис. 4).

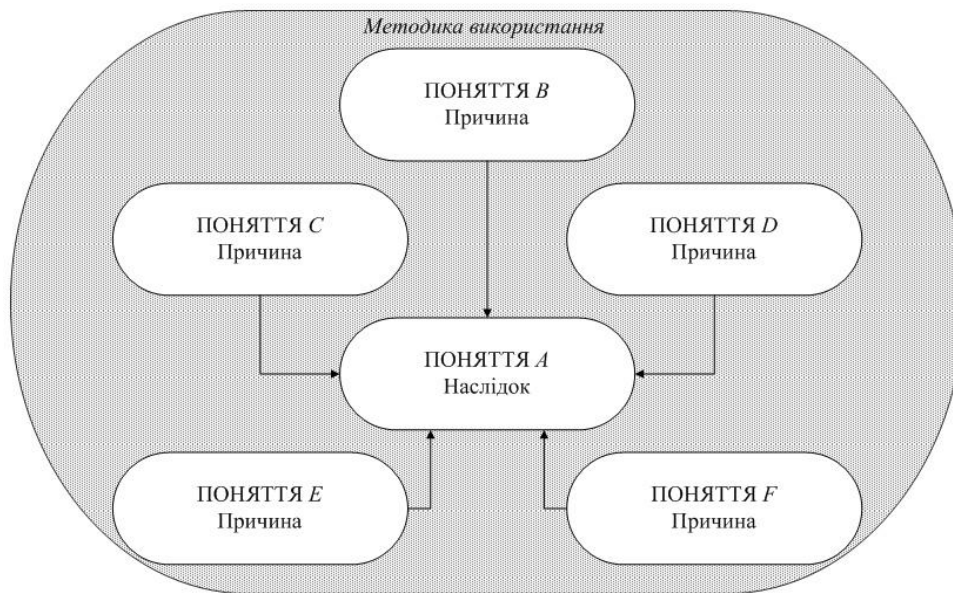


Рис. 4. Фрагмент каузальної мережі «Методика використання методу неруйнівного контролю»

Подання знань у вигляді одночасного відображення міжблочних та внутрішньоблочних зв'язків вирішує деякі зі вказаних проблем, але й створює нові. Так, подання знань у такому вигляді не буде відповідати деяким критеріям, що вже аналізувалися (простоті побудови, природності та наочності, доступності, швидкості орієнтації та ін.). Міжблочні зв'язки, як це вже неодноразово аргументувалося, є обов'язковими. За необхідності, додаткову, більш деталізовану інформацію, на наш погляд, можливо представляти за допомогою інших, краще адаптованих до цих потреб, моделей. Аналіз подібних внутрішньоблочних зв'язків можна реалізовувати, наприклад, у самостійній роботі студентів із теми, адже необхідність такого аналізу лише частково та дуже обмежено відповідає вимогам [3].

Зі сказаного витікає те, що доцільніше представляти одночасно декілька блоків, які є характерними для цієї дисципліни. Розглянемо варіанти лінійного зв'язку між блоками.

Очевидно, що фундаментальним блоком є блок «Фізичні основи», тобто він у будь-якому випадку є «причиною». У першому випадку блок «Фізичні основи» є причиною блоку «Схема пристрою». Така інтерпретація витікає зі звичайної логіки: складність побудови пристроїв залежить у першу чергу від досягнень людства в галузі фізики. У другому випадку блок «Фізичні основи» є причиною блоку «Методика використання», тобто висвітлює фізичне обґрунтування та фізичні особливості запровадження певного методу контролю. Цей підхід можна реалізовувати як на бінарних графах, у яких існує зв'язок між двома об'єктами, так і на n-арних, тобто графах, у яких пов'язано більше ніж два об'єкти. Такі зв'язки, враховуючи специфіку конкретної предметної галузі, можуть бути присутніми незалежно від поєднань блоків. Але, не дивлячись на це, підхід без відображення тріади «Фізичні основи – Схема пристрою – Методика використання» залишається однобічним.

Лінійний граф із відображенням повної тріади також можливий у двох виконаннях (блок «Фізичні основи» є фундаментальним). Перший варіант передбачає, що блок «Фізичні основи» обумовлює блок «Схема пристрою», який, у свою чергу, є причиною блоку «Методика використання» (рис. 5). Цей підхід до навчання формує інженера-технолога з неруйнівного контролю. Другий варіант передбачає, що блок «Фізичні основи» обумовлює блок «Методика використання», який, у свою чергу, є причиною блоку «Схема пристрою» (рис. 6). Цей підхід до навчання формує інженера-конструктора з неруйнівного контролю.

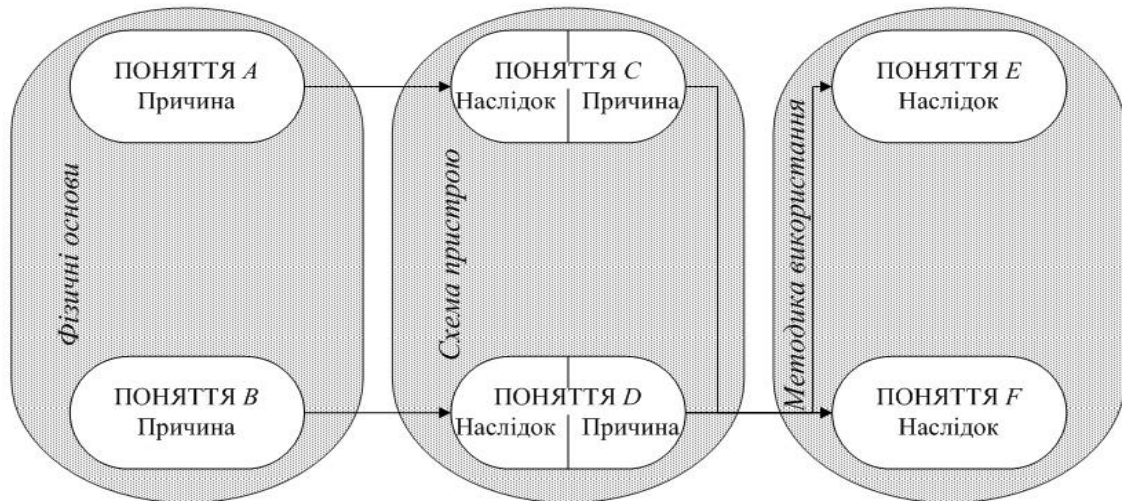


Рис. 5. Фрагмент лінійної каузальної мережі «Метод неруйнівного контролю (перший варіант)» в довільній формі: Поняття А обумовлює Поняття С, яке є причиною Поняття F; Поняття В обумовлює Поняття D, яке є причиною Поняття Е та Поняття F

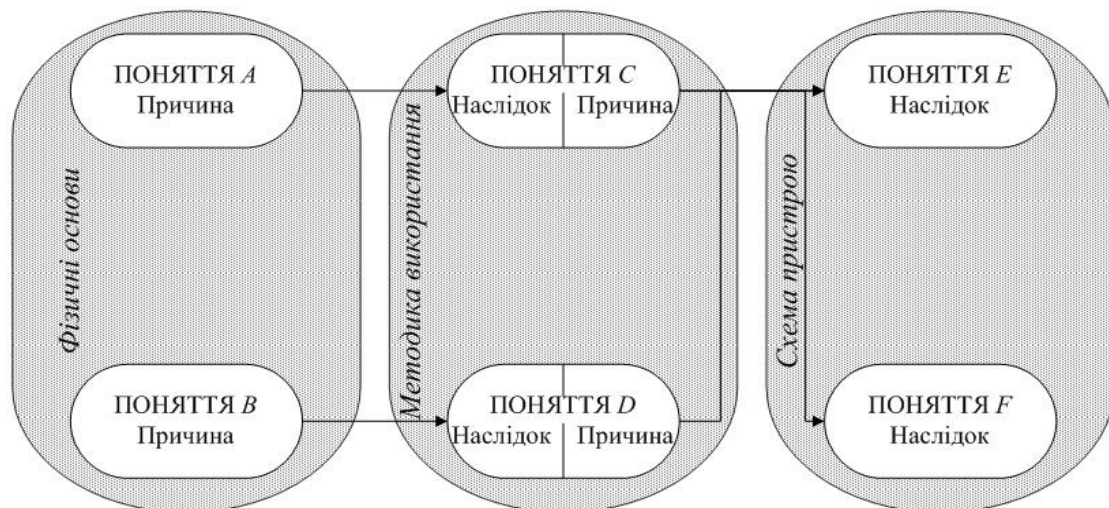


Рис. 6. Фрагмент лінійної каузальної мережі «Метод неруйнівного контролю (другий варіант)» в довільній формі: Поняття А обумовлює Поняття С, яке є причиною Поняття Е та Поняття F; Поняття В обумовлює Поняття D, яке є причиною Поняття Е

Із цих прикладів можна побачити, що подібні мережі спрямовані на формування або конструктора, або технолога. Така обмежена функціональність не задовольняє вимоги до навчання, адже некоректним є те, що конструктор засобів неруйнівного контролю погано буде володіти методикою використання пристроїв, а технолог не зможе зрозуміти, чому саме такою є безпосередня конструкція приладів.

Отже, замкнута каузальна мережа (рис. 1), яка пропонується авторами, що відображає всі міжблочні зв'язки, повинна стати найбільш ефективною моделлю представлення знань дисципліни «Неруйнівний контроль» для вирішення відповідних завдань навчання.

**Висновки.** Каузальні моделі подання знань відповідають основним дидактичним принципам, що свідчить про можливість їх використання в навчальному процесі. Для навчання дисципліни «Неруйнівний контроль» вбачається перспективним використання замкнутих каузальних мереж. Це зумовлюється тим, що за їх використання постає можливість відображення причинно-наслідкових зв'язків тріади містких умовних інформаційних блоків, які є характерною для цієї дисципліни, за дотримання нормативних вимог, що регламентуються освітніми стандартами з питань тем змістових модулів, необхідного часу на навчання, рівнів формування умінь та знань тощо.

**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. О. Знання як засіб навчання: навч. посіб / Г.О. Атанов. – К.: Кондор, 2008. – 236 с.
2. Глушук Г. Каузальність та каузативність – якісні різновиди каузації / Г. Глушук // Науковий вісник Херсонського державного університету: зб. наук. пр. Сер. «Лінгвістика». – Вип. 9. – Херсон, 2009. – С. 209–212.
3. Автоматизація контролю та неруйнуючий контроль: робоча навч. програма з дисципліни для спеціальності 7.010104.35 та 8.010104.35 «Професійне навчання. Метрологія, стандартизація та сертифікація» / В. О. Повгородній, Д. І. Шматков – Х., 2011. – 15 с.
4. Толковый словарь по искусственному интеллекту / А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Danks D. Dynamical causal learning / D. Danks., T. L. Griffiths // Advances in neural information processing systems / S. Becker, S. Thrun, & K. Obermayer, eds. – Vol. 15. – Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2003. – P. 67–74.
10. 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. In R. Sun & N. Miyake (Eds.). – Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2006. – P. 1180–1185.
11. 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. 5, issue 1. – P. 3–25.
12. Gano D. L. Apollo root cause analysis – a new way of thinking / D. L. Gano. – 3-rd edit. – Huston: Apollonian Publications, 2007. – 178 p.

13. Gopnik A. Detectingblickets: 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.
14. 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.
15. 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.
16. *Oxford handbook of causation* / H. Beebe, C. Hitchcock, P. Menzies (Eds.). – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 816 p.
17. Rehder B. Causal-based property generalization / B. Rehder // *Cognitive science*. – 2009. – Vol. 33, no. 3. – P. 301–344.
18. Resnik L. B. *Education and learning to think* / L. B. Resnik. – Washington, D. C. : National academy press, 1987. – 62 p.
19. Sobel D. M. Blickets and babies: the development of causal reasoning in toddlers and infants / D. M. Sobel, N. Z. Kirkham // *Developmental psychology*. – 2006. – Vol. 42, no. 6. – P. 1103–1115.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Thagard P. *Cognitive science: the Stanford encyclopedia of philosophy* [Electron resource] / P. Thagard ; E. N. Zalta (ed.). – Fall 2008 Edition. – Access mode: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/cognitive-science/>
28. Vest C. M. *Educating engineers for 2020 and beyond* / C. M. Vest // Report of a convocation “Educating the engineer of 2020: adapting engineering education to the new century”. – Washington, D. C.: National academy press, 2005. – P. 160–169.

**Лазарєв М. І., Шматков Д. І.**

*Розробка каузальних мереж подання змісту навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів-педагогів*

У статті розглядаються проблеми навчання неруйнівного контролю майбутніх інженерів та інженерів-педагогів. Аналізуються існуючі підходи до вдосконалення навчального процесу. Пропонуються напрями розробки мережевої моделі подання знань на основі каузальної мережі. Враховуючи структуру та специфіку дисципліни, обирається найефективніша модель.

**Ключові слова:** неруйнівний контроль, мережева модель подання знань, каузальна мережа, навчання, когнітивістика, штучний інтелект, причинно-наслідкові зв’язки.



**Лазарев Н. И., Шматков Д. И.**

*Разработка каузальных сетей представления содержания обучения неразрушающего контроля будущих инженеров-педагогов*

В статье рассматриваются проблемы обучения неразрушающего контроля будущих инженеров и инженеров-педагогов. Анализируются существующие подходы к усовершенствованию учебного процесса. Предлагаются направления разработки сетевой модели представления знаний на основе каузальной сети. Учитывая структуру и специфику дисциплины, выбирается самая эффективная модель.

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, сетевая модель представления знаний, каузальная сеть, обучение, когнитивистика, единичный интеллект, причинно-наследственные связи.

**N. Lazarev, D. Shmatkov**

*Development of Causal Networks for Presenting Teaching Contents Concerning Non-Destructive Control to Future Teacher-Engineers*

The article considers problems of teaching non-destructive control to future engineers and teacher-engineers. The existing approaches to improving the educational process are analyzed. The areas are suggested of developing a network model of knowledge presentation based on causal networks. Taking into account the structure and specificity of a discipline, the most effective model is selected.

**Key words:** non-destructive control, the network model of knowledge presentation, causal network.

*Стаття надійшла до редакції 02.09.2011 р.*