

А. Е. КОЛЕСНИКОВ, Д. В. ЛУКЬЯНОВ, В. Ю. ВАСИЛЬЕВА

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЕКТАХ ОБУЧЕНИЯ

Ценностными направлениями образования являются расширение доступности, массовости образования, гарантий обеспечения равных шансов на получение полноценного образования, создание системы непрерывного образования. Особенно эти ценностные ориентации образования важны для людей, которые уже работают и не имеют возможности посещать очные занятия. На основании системного анализа образовательной деятельности вузов для поддержки процессов дистанционного образования определено множество ключевых параметров и функциональных подсистем, которые в совокупности обеспечивают эффективность проекта построения информационной среды ВУЗа.

Ключевые слова: проекты, управление, модель, знания, понятия, тенденции.

Введение. Совершенствование профессионального высшего образования Украины определяется как мировыми тенденциями к интеграции, мобильности человеческих ресурсов [1], так и национальными проблемами повышения качества обучения [2]. Приоритеты развития компьютерных систем обучения ориентированы на мобильность обучаемых [3], на реализацию концепции обучения в течение жизни [4], а также на международное сотрудничество в области развития систем образования [5].

Известные решения по компьютеризации образования, как правило, реализуют только «информативную» составляющую обучения [6], оставляя за рамками решение задач управления обучением, что не позволяет в полной мере индивидуализировать обучение с построением индивидуальных траекторий обучения [7 - 10].

Постановка проблемы. Для формирования автоматизированной системы обучения на основе компетентностного подхода необходимо выполнить структуризацию учебных курсов в виде минимального набора учебных элементов (УЭ), формирующих базовые знания, и контрольных позиций (КП) для анализа уровня достижений обучаемых [1]. При этом под УЭ понимается элементарная порция информации, которая представляет собой объект (предмет), явление (процесс), метод деятельности. КП - это содержание вопроса, который позволяет установить правильность понимания обучаемым содержания УЭ, что может служить основой для выработки управляющих воздействий на траекторию обучения с помощью обратной связи [9 - 11]. Для формирования компетенций необходимо составить набор естественнонаучных, общинженерных, профилирующих учебных дисциплин с обязательным выделением межпредметных связей между УЭ и КП [12]. Реализация подобного подхода сдерживается из-за отсутствия методов декомпозиции предметных областей знаний на отдельные компетенции [13, 14]. В настоящее время разработан и активно применяется только стандарт Украины в области управления проектами [15]. Процесс формирования компетенций имеет интеграционный характер, так как они формируются на основе взаимосвязей между УЭ не только отдельных учебных курсов, но и общих знаний

предметной области [16 - 19]. Поэтому управление обучением невозможно рассматривать без учета надсистемы процесса обучения, роль которой может играть компьютерная система автоматизированного формирования структуры компетенций (или УЭ) [20].

Целью исследования является системный анализ и разработка структурной модели компетенций национального стандарта Украины в области проектного управления с ориентацией решения задач формирования информационной среды университета для поддержки процессов дистанционного образования.

Структурная модель компетенций рассмотрена на примере анализа системы компетенций национального стандарта Украины (NCB UA, ver. 3.1) [15], согласно которому область знаний управления проектами охватывает 4 группы компетенций: технические, поведенческие, контекстуальные и дополнительные компетенции (национальные и отраслевые). Все элементы указанного множества компетенций имеют сложные взаимосвязи и фактически образуют в совокупности пространство знаний проектного управления, которое является предметом для подготовки менеджеров [14, 17].

На рис. 1 приведена общая схема связей с агрегированием по блокам компетенций без учета связей дополнительных компетенций, имеющих характер интегрирующих элементов. Заглавными переменными (Т, П, К) обозначены блоки, от которых исходит связь. Строковые переменные (т, п, к) отражают те блоки, к которым идут связи.

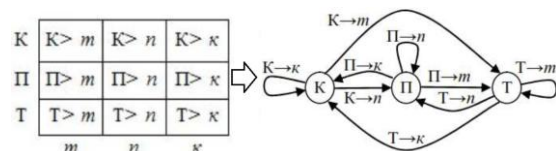


Рис. 1 - Общая схема связей компетенций:

а) схема связей; б) ориентированный граф; Т – технические компетенции; П – поведенческие компетенции; К – контекстуальные компетенции; *m, n, k* – блоки компетенций, к которым идут связи.

Научные проблемы, которые надо решить, прежде всего, состоят в том чтобы сформулировать принципы представления и анализа матрицы компетенций: как исследовать систему – по блокам либо рассматривать

всю систему в целом; как уменьшить размерность системы; являются ли отношения по связям $\{T \rightarrow m, P \rightarrow n, K \rightarrow k\}$ зависящими от связей $\{K \rightarrow m, K \rightarrow n, P \rightarrow m, P \rightarrow k, T \rightarrow n, T \rightarrow k\}$ [13].

Отображение схемы связей ориентированным графом, который построен на основе матрицы смежности, показывает, что все дуги графа являются независимыми. Т.е. невозможно построить отображение одних дуг через другие. Связям в системе компетенций не свойственны операции коммутативности:

$$\{K \rightarrow m\} \neq \{m \rightarrow K\}; \quad (1)$$

$$\{K \rightarrow n\} \neq \{n \rightarrow K\}; \quad (2)$$

$$\{P \rightarrow m\} \neq \{m \rightarrow P\}; \quad (3)$$

$$\{P \rightarrow k\} \neq \{k \rightarrow P\}; \quad (4)$$

$$\{T \rightarrow n\} \neq \{n \rightarrow T\}; \quad (5)$$

$$\{T \rightarrow k\} \neq \{k \rightarrow T\}. \quad (6)$$

Отношение по связям $\{T \rightarrow m, P \rightarrow n, K \rightarrow k\}$ не является зависимыми от других связей системы $\{K \rightarrow m, K \rightarrow n, P \rightarrow m, P \rightarrow k, T \rightarrow n, T \rightarrow k\}$.

Блоки матрицы компетенций имеют разную размерность. Квадратными матрицами отображаются блоки связей между компетенциями. Все другие блоки имеют различные размерности строк и столбцов, что затрудняет анализ структуры связей. Каждая из квадратных матриц связей включает соответствующее число компетенций [15]: технические компетенции - 20 элементов -

$$GT: T \rightarrow \{k_{ij}; i = 1; j = 1, 2, \dots, 20\}; \quad (7)$$

поведенческие компетенции - 15 элементов -

$$GP: P \rightarrow \{k_{ij}; i = 2; j = 1, 2, \dots, 15\}; \quad (8)$$

контекстуальные компетенции - 11 элементов -

$$GK: K \rightarrow \{k_{ij}; i = 3; j = 1, 2, \dots, 11\}. \quad (9)$$

Таким образом, общая матрица связей основных компетенций может быть представлена матрицей

инцидентий, которая имеет размерность 46×46 элементов (табл. 1). Дополнительные компетенции NCB (ver. 3.1) включают 6 элементов (табл. 2):

$$GD: D \rightarrow \{k_{ij}; i = 4; j = 1, 2, \dots, 6\}. \quad (10)$$

Указанные свойства матрицы компетенций обуславливают необходимость исследования системы не по блокам, а как системную сущность, которая только в комплексе отражает идеологию компетентностного подхода в управлении проектами [21]. При этом для упрощения можно выполнить агрегирование (в каждом из блоков - выделить основные ядра знаний), а потом уже анализировать с учетом агрегирования (табл. 1). Сложность в том, как установить связи между ядрами знаний.

Визуализацию связей компетенций можно выполнить с помощью ориентированного графа. Всего в стандарте NCB (ver. 3.1) обозначены 493 связи, в том числе: 198 связей технических; 180 связей поведенческих и 115 связей контекстуальных компетенций [15]. Пример отображения связей только технических компетенций с другими элементами поведенческих и контекстуальных компетенций с помощью ориентированного графа показан на рис. 2. Как видно, практическое применение этого графа с множеством связей не представляется возможным.

Выделение фрагментов из общей матрицы позволяет рассматривать связи компетенций по отдельным блокам. При этом отображаются только связи между компетенциями каждого отдельного блока.

В каждом блоке, как это показано в табл. 3, обозначены, соответственно, 118 из 198 связей технических, 61 из 180 связей поведенческих и 24 из 115 связей контекстуальных компетенций. Как видно, практическое применение частных графов для отдельных групп компетенций с меньшим числом связей не является перспективным - недостатком является потеря отображения связей с другими блоками.

Таблица 1 – Элементы компетенций NCB [15]

1. Технические	2. Поведенческие	3. Контекстуальные
1.01. Успешность управления проектами	2.01. Лидерство	3.01. Проектно-ориентированное управление
1.02. Заинтересованные стороны	2.02. Участие и мотивация	3.02. Программно-ориентированное управление
1.03. Требования и задачи проекта	2.03. Самоконтроль	3.03. Портфельно-ориентированное управление
1.04. Проектный риск и возможности	2.04. Уверенность в себе	3.04. Реализация ЗП
1.05. Качество	2.05. Разрядка	3.05. Постоянная организация
1.06. Проектная организация	2.06. Открытость	3.06. Предпринимательская деятельность
1.07. Работа команды	2.07. Творчество	3.07. Системы, продукты и технологии
1.08. Решение проблем	2.08. Ориентация на результат	3.08. Управление персоналом
1.09. Структура проекта	2.09. Производительность	3.09. Здоровье, безопасность, охрана труда
1.10. Замысел и конечный продукт	2.10. Согласование	3.10. Финансы
1.11. Время и фазы проекта	2.11. Переговоры	3.11. Юридические аспекты
1.12. Ресурсы	2.12. Конфликты и кризисы	
1.13. Расходы и финансы	2.13. Надежность	
1.14. Закупки и контракты	2.14. Понимание ценностей	
1.15. Изменения	2.15. Этика	
1.16. Контроль и отчетность		
1.17. Информация и документация		
1.18. Коммуникации		
1.19. Запуск проекта		
1.20. Закрытие проекта		

"обратной" связью и фактически составляют одно целое.

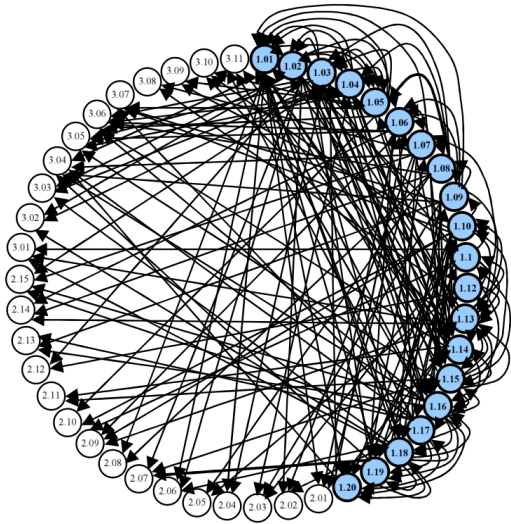


Рис. 2 - Ориентированный граф связей матрицы технических компетенций

Для выделения сильных связей условно меняем направления всех связей (дуг орграфа) на противоположные путем транспонирования матрицы смежности $C \Rightarrow C^T$ с последующей суперпозицией. Элементы матрицы суперпозиции $W = C \cap C^T$ формируются так:

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } (c_{ij} = 1) \wedge (c_{ji}^T = 1) \\ 0, & \text{if } (c_{ij} = 0) \vee (c_{ji}^T = 0) \end{cases} \quad (11)$$

Значения элементов матрицы суперпозиции

$$w_{ij} \cdot \{i = 1, 2 \dots 46; j = 1, 2 \dots 46\} = 1 \quad (12)$$

означает, что между компетенциями i и j существует связь в двух направлениях (табл. 3).

Полученная матрица суперпозиции $W = C \cap C^T$ является симметричной относительно главной диагонали. Все диагональные элементы имеют нулевые значения, что отражает отсутствие замкнутого цикла для всех элементов матрицы смежности компетенций C .

Блок технических компетенций (пп. 1.1 ... 1.12) содержит 25 соединений между элементами технических компетенций с помощью сильных связей. Можно ожидать, что эти связи являются составными частями формирования ядер (комплексов) компетенций. Под ядром компетенций следует понимать совокупность элементов компетенций, в которой все элементы связаны друг с другом и поэтому образуют множество взаимосвязанных элементов. Соответственно, в блоках поведенческих и контекстуальных компетенций отображаются 9 и 7 соединений между элементами одного блока.

Всего матрица суперпозиции включает 74 соединения с помощью сильных связей. Эти элементы в первом приближении являются ядрами компетенций.

Выводы. Выполнено исследование структуры связей между элементами множества компетенций в области знаний проектного менеджмента, что позволяет принять такие основные положения:

- связи между элементами компетенций объективно существуют;

- можно исследовать структуру связей, как по отдельным блокам технических, поведенческих и контекстуальных компетенций, так и в целом, с учетом связей компетенций не только в пределах указанных блоков, но и связей элементов компетенций, содержащихся в различных блоках;

- креативным подходом является введение нового понятия в представлении системы компетенций проектного управления - "сильной" связи, которая существует тогда, когда две компетенции соединены между собой "прямой" и "обратной" связью, что позволяет определенным образом учитывать весомость связей между компетенциями в общей матрице компетенций;

- показано, что сильные связи в общей матрице компетенций можно определить путем транспонирования матрицы смежности $C \Rightarrow C^T$ с последующей суперпозицией $W = C \cap C^T$;

- введено новое понятие - "ядро компетенций", под которым понимается совокупность элементов компетенций, в которой все элементы связаны друг с другом и поэтому образуют множество взаимосвязанных элементов.

Дальнейшее направление исследований следует направить на разработку аналитического метода определения ядер множества компетенций национального стандарта Украины, которые представляют собой замкнутое множество (все связано со всем), с использованием работ проф. В.А. Вайсмана по исследованию топологии сложных организационно-технических систем [22]. Предполагается дальнейшее развитие метода для анализа структуры связей между элементами компетенций проектного управления.

Список литературы: 1. Атанов, Г. А. Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы [Текст] / Г. А. Атанов, И. Н. Пустынникова. – Донецк : Изд-во ДООУ, 2004. – 504 с. 2. Оборський, Г. О. Стандартизація і сертифікація процесів управління якістю освіти у вищому навчальному закладі [Текст] / Г. О. Оборський, В. Д. Гогунський, О. С. Савельєва // Тр. Одес. політехн. ун-та. – 2011. – № 1 (35). – С. 251–255. 3. Колесников, А. Е. Формирование информационной среды университета для дистанционного обучения [Текст] / А. Е. Колесников // Управление развитием складных систем. – 2014. – № 20. – С. 21–26. 4. ISO/DIS 29990:2010. Learning services for non-formal education and training – Basic requirements for service providers [Text]. – ISO : ISO/TK 232, 2009. – 1 p. 5. Стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості в Європейському просторі вищої освіти [Текст]. – К. : Ленвіт, 2006. – 36 с. 6. Белошук, А. А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А. А. Белошук // Управление развитием складных систем. – 2012. – № 9. – С. 104–107. 7. Растринин Л. А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого [Текст] / Л. А. Растринин, М. Х. Эренштейн. – Рига : Зинатне, 1988. – 160 с. 8. Тертишная, Т. И. Автоматизированная система контроля знаний [Текст] / Т. И. Тертишная, Е. В. Колесникова, В. Д. Гогунский // Труды Одес. політехн. ун-та. – Вып. 1 (13). – 2001. – С. 125–128. 9. Мазурок, Т. Л. Модель прогнозирования параметров управления индивидуализированным обучением [Текст] / Т. Л. Мазурок // Управляющие системы и машины. – 2011.

– № 4. – С. 64–71. **10.** Любченко, В. В. Модели комбинированного обучения для организации самостоятельной учебной работы студентов направления «Программная инженерия» [Текст] / В. В. Любченко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2014. – № 2. – С. 208–213. **11.** Коджа, Т. И. Обратная связь в автоматизированной системе контроля уровня усвоения знаний [Текст] / Т. И. Коджа, Ю. К. Тодорцев, В. Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2002. – № 2 (18). – С. 127–132. **12.** Лизунов, П. П. Проектно-векторное управление высшими учебными заведениями [Текст] / П. П. Лизунов, А. А. Белоощицкий, С. В. Белоощицкая // Управление развитием складных систем. – 2011. – № 6. – С. 135–139. **13.** Колесникова, Е. В. Оценка компетентности персонала сталеплавильной печи в проекте компьютерного тренажера [Текст] / Е. В. Колесникова // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/1 (65). – С. 45–48. doi.org/10.13140/RG.2.1.4849.0967. **14.** Колесникова, К. В. Концепция компетентностного навчання [Текст] / К. В. Колесникова // Шляхи реалізації кредитно-модульної системи організації навчального процесу. – 2013. – № 7. – С. 40–47. **15.** Бушуйев, С. Д. National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1 [Текст] / С. Д. Бушуйев, Н. С. Бушуйева. – К. : ІРІДІУМ, 2010. – 208 с. **16.** Оборский, Г. А. Актуальность дистанционного обучения [Текст] / Г. А. Оборский, А. Е. Колесников, В. А. Граменицкий // Шляхи реалізації кредитно-модульної системи. – 2013. – № 7. – С. 3–8. **17.** Коджа, Т. И. Определение необходимых и достаточных условий объективности оценки результатов тестирования [Текст] / Т. И. Коджа, В. Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2002. – № 2. – С. 87–88. **18.** Колесникова, Е. В. Моделирование слабо структурированных систем проектного управления [Текст] / Е. В. Колесникова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2013. – № 3 (42). – С. 127–131. doi.org/10.13140/RG.2.1.2530.7604. **19.** Колесникова, К. В. Аналіз структурної моделі компетенцій з управління проектами національного стандарту України [Текст] / К. В. Колесникова, Д. В. Лук'янов // Управління розвитком складних систем. – 2013. – № 13. – С. 19–27. doi.org/10.13140/RG.2.1.3079.6246. **20.** Яковенко, В. Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу [Текст] / В. Д. Яковенко, В. Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 2. – С. 50–57. doi.org/10.13140/RG.2.1.2877.1282. **21.** A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK). Fifth edition [Text] – USA : PMI Inc., 2013. – 589 p. **22.** Vaysman, V. A. The planar graphs closed cycles determination method [Text] / V. A. Vaysman, K. V. Kolesnikova, D. V. Lukianov // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2012. – № 1 (38). – С. 222–227. doi.org/10.13140/RG.2.1.1880.9687.

References: **1.** Atanov, G., & Pustynnikova I. (2004). *Education and artificial intelligence, or the foundations of modern didactics of the higher school*. Donetsk : Publishing House DOW, 504 [in Russian]. **2.** Oborskiy, G., Gogunsky, V., & Saveliev, A. (2011). Standardization and certification processes of quality management education in higher education. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 1* (35), 251–255 [in Ukrainian]. **3.** Kolesnikov, A. E. (2014). Formation of the information environment of the University for distance learning. *Management of complex systems, 20*, 21–26 [in Russian]. **4.** Learning services for non-formal education and training – Basic requirements for service providers.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Колесников Алексей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, Одесский национальный политехнический университет, доцент кафедры управления системами безопасности жизнедеятельности, г. Одесса; тел.: (097) 219-61-67; e-mail: akoles78@gmail.com.

Kolesnikov Aleksey Evgenovich – Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Docent, Odessa National Polytechnic University, Associate Professor at the Department of health and safety management systems, Odessa; phone.: (097) 219-61-67; e-mail: akoles78@gmail.com.

Лукьянов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный университет, доцент кафедры общей и клинической психологии, г. Минск; phone: (050) 805-39-17; e-mail: dl@pmb.com.ua.

Lukianov Dmyto Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Docent, Belarusian State University, Associate Professor at the Department of general and clinical psychology, Minsk; phone: (050) 805-39-17; e-mail: dl@pmb.com.ua.

Васильева Валентина Юльевна – Одесский национальный политехнический университет, ведущий инженер отдела МИП, г. Одесса; тел.: (066) 419-02-22; e-mail: v.y.vasileva@mail.ru

Vasileva Valentina Yulievna – Odessa National Polytechnic University, the leading engineer of the MIP, Odessa; tel.: (066) 419-02-22; e-mail: v.y.vasileva@mail.ru.

ISO / DIS 29990 : 2010, (2009). ISO: ISO / TK 232, 15. **5.** *The standards and guidelines for quality assurance in the European Higher Education Area*. (2006). Kyiv : Lenvit, 36 [in Ukrainian]. **6.** Beloschitsky, A. A. (2012). Management problems in the methodology of project-vector management of educational Ceredo. *Management of complex systems, 9*, 104–107 [in Russian]. **7.** Rastrigin, L. A., & Ehrenstein, M. H. (1988). *The adaptive learning model-OCU*. Riga : Zinatne, 160 [in Russian]. **8.** Tertishnaya, T. I., Kolesnikova, E. V., & Gogunsky, V. D. (2001). The automated system of control of knowledge. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 1* (13), 125–128 [in Russian]. **9.** Mazurok, T. L., (2011). Model prediction control parameters individualized learning. *Control systems and machines, 4*, 64–71 [in Russian]. **10.** Lubchenko, V. V. (2014). Blended learning models for the organization of self-sufficiency study of students direction of “Software Engineering”. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 2*, 208–213 [in Russian]. **11.** Kodzha, T. I., Todortsev, Yu. K., & Gogunsky, V. D., (2002). Feedback in the automated system-level monitoring of learning. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 2* (18), 127–132 [in Russian]. **12.** Lizunov, P. P., Beloschitsky, A. A., & Beloschitskaya S. V. (2011). Design and vector control by higher education institutions. *Management of Development of Complex Systems, 6*, 135–139 [in Russian]. **13.** Kolesnikova, E. V. (2013). Assessment of the competence of personnel furnace project of computer simulator. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies, 5/1* (65), 45–48 [in Russian]. doi.org/10.13140/RG.2.1.4849.0967. **14.** Kolesnikova, K. V. (2013). Concept of competency training. *Ways of implementation of credit-modular system of educational process, 7*, 40–47 [in Ukrainian]. **15.** Bushuyev, S. D., & Bushueva, N. S. (2010). *National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1*. Kyiv : IRIDIUM, 208. **16.** Oborskiy, G. A., Kolesnikov A. E., & Gramenitskiy, V. A. (2013). The relevance of distance learning. *Ways of implementation of credit-modular system of educational process, 7*, 3–8 [in Russian]. **17.** Kodzha, T. I., & Gogunsky, V. D. (2002). The definition of necessary and sufficient conditions for objective evaluation of test results. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 2*, 87–88 [in Russian]. **18.** Kolesnikova, E. V. (2013). Modeling of semistructured project management systems. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 3* (42), 127–131 [in Russian]. doi.org/10.13140/RG.2.1.2530.7604. **19.** Kolesnikova, K. V., & Lukianov, D. V. (2013). Analysis of the structural model of competencies in project management of a national standard Ukraine. *Management of Development of Complex Systems, 13*, 19–27 [in Ukrainian]. doi.org/10.13140/RG.2.1.3079.6246. **20.** Yakovenko, V. D., & Gogunsky, V. D. (2009). Forecasting of the quality management system of the institution. *System Research and Information Technologies, 2*, 50–57 [in Ukrainian]. doi.org/10.13140/RG.2.1.2877.1282. **21.** A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide 5th edition). (2013). USA: PMI Standards Committee, 589. **22.** Vaysman, V. A. (2012). The planar graphs closed cycles determination method. *Odes. polytechnic University. Pratsi, 1* (38), 222–227. doi.org/10.13140/RG.2.1.1880.9687.

Поступила (received) 25.11.2015