

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ В ТЕРМИНАХ ТАКСОНОМИИ БЛУМА

З. С. Сейдаметова

Крымский инженерно-педагогический университет
zarema@cs.duke.edu

В статье проанализованы компетентности, соответствующие требованиям базового корпуса знаний международного стандарта в области программной инженерии SWEBOK и отраслевого стандарта МОН Украины ГСВОУ по направлению подготовки 6.050103 «Программная инженерия» области знаний 0501 «Информатика и вычислительная техника». Выделены учебные дисциплины из перечня обязательных и вариативных дисциплин этого стандарта, непосредственно связанные с процессом разработки программных приложений и формирующие у студентов соответствующие компетентности. Проведена классификация этих учебных дисциплин по отношению к стадиям разработки программных продуктов – планирование проекта, анализ требований, проектирование, реализация, качество продукта, сопровождение. Для каждого этапа проектирования обозначены действия, необходимые для достижения целей заданного уровня и сгруппированные по уровням обновленной двумерной таксономии Блума.

Отмечено, что классификация учебных дисциплин подготовки по программной инженерии и разворачивание уровней образовательных целей таксономии Блума по стадиям разработки программного обеспечения позволяют придерживаться целостности подхода в методике обучения студентов, а также адекватного подбора соответствующих средств обучения и программного инструментария.

Ключевые слова: таксономия Блума, программная инженерия, образовательные стандарты, процесс разработки программного обеспечения, образовательные уровни.

SOFTWARE TOOL DEVELOPMENT IN THE TERMS OF BLOOM'S TAXONOMY

Z. Seidametova

Crimean Engineering and Pedagogical University
zarema@cs.duke.edu

We highlight the competencies that meet the requirements of the basic knowledge body of the main standard in the SWEBOK software engineering field and Ukrainian Ministry of Education and Science standard for undergraduate study on the direction of training 6.050103 «Software engineering» of the knowledge area 0501 «Computer Science and Engineering». The courses from the list of compulsory and variability disciplines of this standard that is directly connected with the development of the software applications, and creates the appropriate competence of educational process are described. The classification of these courses in relation to the software development phases, i.e. project planning, requirements analysis, design, implementation, quality of product, product maintenance is provided. The actions that are necessary for achieving the objectives of the definite level of knowledge are highlighted for each software development phase. All actions are grouped by the levels of the revised two-dimensional Bloom's taxonomy.

It is noted that the classification of academic courses of the software engineering training and using of the levels of Bloom's taxonomy of educational objectives for each phase of the software development allow us to take a holistic approach in the teaching students methodology, as well as help us to provide adequate selection of the appropriate teaching, learning and software tools.

Keywords: Bloom's taxonomy, software engineering, curricula, software development process, knowledge categories, learning objectives.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Все отрасли знаний имеют свою собственную культуру, требующую определённого дискурса, глоссария и способа мышления, и все культуры развиваются и дополняются через кросс-культурный обмен и взаимодействие. Сообщество программной инженерии создало собственный корпус знаний ВОК (BodyOfKnowledge – SWEBOK), представляющий синтез многих дисциплин.

лин программной инженерии, компьютерных наук и даже социальных и гуманитарных наук. Для дальнейшего развития программной инженерии, оптимизации и улучшения подготовки специалистов необходимо переосмыслить образовательные цели в терминах таксономии Блума.

Для достижения заданных образовательных целей в учебных программах и планах необходимо использовать классификацию, называемую таксономией Блума [8], предложенную в 1956 году, и обновленную версию этой таксономии, опубликованную в 2001 году в работах [7; 16].

Таксономия Блума иерархически структурирована таким образом, что достижение учебных целей идет от простейшего к более высокому уровню: запоминание → понимание → применение → анализ → оценивание → творчество. Категория «запоминание» обозначает узнавание, припоминание и воспроизведение изученного материала; категория «понимание» – преобразование материала в собственное умозаключение и интерпретацию; категория «применение» – умение использовать изученный материал в знакомой или новой ситуациях; категория «анализ» подразумевает умение разбивать материал на компоненты и осмысливать их отношения к общей структуре; категория «оценивание» – умение критически оценивать материал; категория «творчество» – генерирование, планирование и создание чего-то нового.

На электронном ресурсе [4] представлена таксономия инженера для успешной подготовки студента-инженера двадцать первым веке. Таксономия [4] представлена в виде двумерной матрицы размерности 4×9. Четыре столбца матрицы отображают размерности когнитивных действий – понимание, применение, анализ и проектирование, соответственно, а 9 строк представляют знаниевыеразмерности – факты, концепции, метапознание, исследование, декомпозиция, модель, имплементация, измерение, коммуникация.

В статьях [11; 12; 14; 15] представлены результаты исследований зарубежных исследователей и педагогов по проектированию и реализации таксономии Блума для инженерного образования, в целом, и для программной инженерии, в частности. В статьях [10; 19; 20] показаны исследования, направленные на планирование подготовки студентов по программной инженерии для различных инженерных профилей и специализаций. В статье [12] приведена «азбука» инженерного образования с учетом требований Международного совета по аккредитации программ в области инженерии и технологий ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology), таксономии Блума и кооперативного учения. В работах [5, 145-155; 9] описана цифровая таксономия Блума, а также требования к формулировке уровневых образовательных целей с учетом технологичности двадцать первого века.

Цель статьи – выделить из образовательных стандартов направления подготовки 6.050103 «Программная инженерия» области знаний 0501 «Информатика и вычислительная техника» компетентности и учебные дисциплины, имеющие непосредственное отношение к разработке программных продуктов, провести их классификацию и выделить многоуровневые образовательные цели по таксономии Блума.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМЫ

Международный совет по аккредитации программ в области инженерии и технологий ABET [4] выделил следующие образовательные цели для инженерных программ подготовки, которые подробно описаны в документе «Пояснения к использованию таксономии Блума» («ABET Outcomes Explained Using Bloom's Taxonomy») [6]. Согласно этому документу студенты, выпускники инженерных программ, должны демонстрировать:

- способность применять знания математики, естественнонаучных и инженерных наук;
- способность планировать и проводить эксперименты, анализировать и интерпретировать данные;
- способность проектировать системы, компоненты или процессы, которые отображают желаемые потребности с учетом реалистичных ограничений, таких как экономических, социальных, политических, эстетических условий, требований окружающей среды, здоровья и безопасности, технологичности и устойчивости;
- способность функционировать в многопрофильной команде;
- способность идентифицировать, формулировать и решать инженерные задачи;
- понимание профессиональной и этической ответственности;
- умение эффективного общения;
- стремление получить разностороннее образование, чтобы понимать влияние инженерных решений в глобальном, экономическом, социальном контексте и контексте окружающей среды;
- понимание потребности в самообразовании и способность заниматься самообразованием на протяжении всей жизни;
- знание современных мировых проблем;

- способность использовать методы, навыки и современный инженерный инструментарий, необходимые в инженерной практике.

В отраслевом образовательном стандарте МОН Украины ГСВОУ по направлению подготовки 6.050103 «Программная инженерия» области знаний 0501 «Информатика и вычислительная техника» [2; 3] выделены следующие профессиональные компетентности, имеющие непосредственное отношение к разработке программных продуктов:

- умение планировать управление конфигурациями программного обеспечения, контроль качества, проверку соответствия продукта требованиям, валидации каждой фазы разработки;
- умение определять и устранять риски, связанные с выполнением проекта; определять и оценивать затраты и стоимость, качество проекта, составлять расписание, учитывать фактические трудозатраты персонала;
- способность осуществлять анализ требований (концептуальный анализ, объектно-ориентированный анализ): сбор, анализ и описание требований к программному продукту с последующей разработкой спецификаций и планирование тестов;
- умение формулировать концепцию (модель) программного приложения с помощью языка моделирования UML (варианты использования, потоки данных, переходов состояний);
- умение формулировать детальные требования (конкретные свойства и функциональности программного приложения), создавать диаграммы последовательности для вариантов использования, организовывать детальные требования (по свойствам приложения, по вариантам использования, по классам, по иерархии функций, по состояниям);
- способность разрабатывать архитектуру программного продукта (высокого и низкого уровней): разработка ментальной модели приложения, выполнение декомпозиции, описание приложения в виде различных проекций (модель вариантов использования, модель классов, модель компонентов, модель переходов состояния), проверка архитектуры на соответствие требованиям;
- способность выполнять детальное проектирование, инспектирование качества детального проектирования, оценку объема работ с помощью детального проектирования;
- знание стандартных метрик для исходного кода (подсчет числа строк кода, метрики IEEE), способов инспектирования кода;
- способность проводить модульное и комплексное тестирование, знание методов построения тестов и умение использовать автоматизированные средства тестирования;

На рис. 1 представлены учебные дисциплины из перечня обязательных и вариативных дисциплин Образовательно-профессиональной программы направления подготовки 6.050103 «Программная инженерия» [16], сгруппированные по этапам разработки программного приложения [8].

Первая колонка (рис. 1) – этапы разработки (планирование проекта, анализ требований, проектирование, реализация, качество продукта, сопровождение) и конкретные ситуации (case study). Вторая колонка (рис. 1) – дисциплины, имеющие отношение к этапам разработки; третья колонка – учебные дисциплины, которые содержат учебный контент, имеющий отношение к каждому из представленных в колонке 1 рисунка 1 этапов разработки.

Таким образом, учебные дисциплины «Основы программной инженерии», «Профессиональная практика программной инженерии», «Групповая динамика и коммуникации» направлены на формирование у студентов компетентностей по вопросам планирования проекта и его управлением. Изучение учебных дисциплин «Анализ требований к программному обеспечению», «Моделирование и анализ программного обеспечения» позволяет студентам лучше понимать общий анализ требований к программному продукту, осмысливать и выражать инженерные концепции, облекая их в конкретные формы. Дисциплины «Архитектура и проектирование программного обеспечения», «Конструирование программного обеспечения» позволяют формировать знания по архитектуре программных приложений и реализации детального проектирования с учетом проблем, связанных с созданием программного кода. Изучение этапа реализации отображается в учебных дисциплинах, связанных с языками и концепциями программирования – «Основы программирования», «Объектно-ориентированное программирование». Вопросы обеспечения качества и безопасности программного продукта, сопровождения рассматриваются в дисциплинах «Качество программного обеспечения и тестирование», «Безопасность программ и данных», «Сопровождение программного обеспечения». Учебные дисциплины «Базы данных», «Программирование Интернет», «Проектный практикум» направлены на изучение специальных сегментов программной инженерии. Дисциплины «Документирование программного обеспечения», «Экономика программного обеспечения», «Менеджмент программного обеспечения», «Человеко-машинное взаимодействие», «Эмпирические методы програм-

мнои инженерии» содержат учебный материал, имеющий отношение ко всем этапам разработки и формирующий компетентности в экономических, управленческих вопросах области программной инженерии.

Учитывая распределение дисциплин по этапам разработки программного продукта (рис. 1) и обновленную таксономию Блума [7], выделим для каждого этапа действия, необходимые для достижения уровней образовательных целей (запоминание, понимание, применение, анализ, оценивание, творчество).

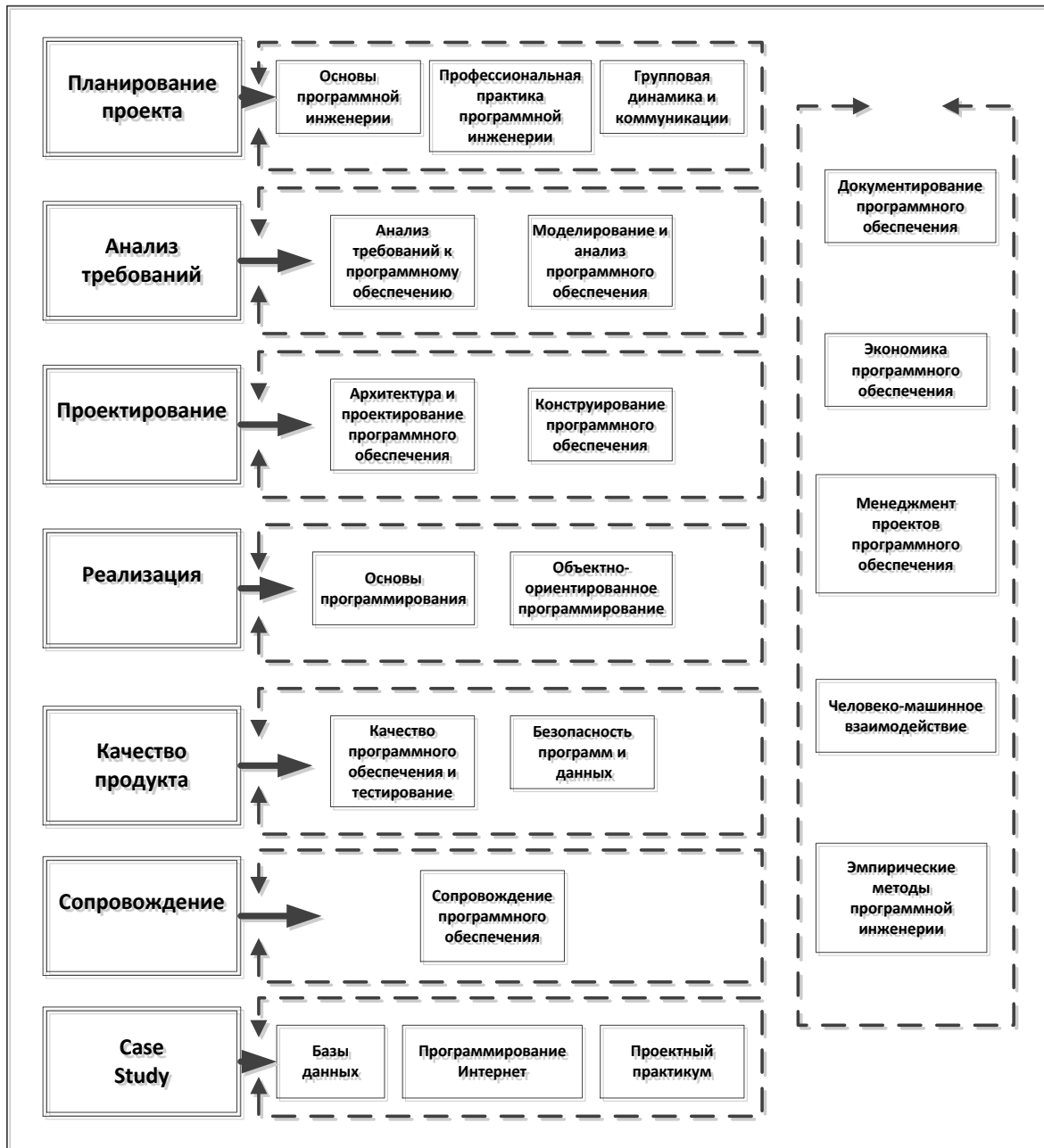


Рис.1. Соответствие дисциплин направления подготовки 6.050103 «Программная инженерия» стадиям разработки программного обеспечения

В таблице 1 для каждого этапа проектирования приведены примеры учебных действий по уровням обновленной двумерной таксономии Блума, которые необходимы для достижения целей заданного уровня.

Для достижения образовательных уровней таксономии Блума можно будет использовать инструментарий языков проектирования: перечень UML-инструментария представлен и проанализирован на ресурсе [18], а инструментарий онлайн-проектирования для веб-ориентированных приложений, требующих совместного онлайн сотрудничества, на ресурсе [17].

Таблица 1.

Основные действия, необходимые
для достижения целей заданного уровня по этапам разработки

<i>Уровни учебных целей</i>					
запоминание	понимание	применение	анализ	оценивание	творчество
<i>Этап – планирование проекта</i>					
Воспроизводить термины планирования	Природы и сферы применения программного продукта; составляющие разработки программного продукта	Идентифицировать риски; выявить к какому типу они относятся	Выделить различия между процессами разработки	Оценить план контроля качества продукта	Подготовить документацию для каждой фазы водопадного или итерационного процессов
<i>Этап – анализ требований</i>					
Воспроизводить терминологию, с помощью которой выражаются требования	Освоить способы выражения требований	Выразить требования с помощью вариантов использования, диаграмм переходов состояний, потоков данных	Представить важнейшие элементы проектирования интерфейса и провести корректировку	Оценить требования с точки зрения непротиворечивости и возможности контроля, атомарности, тестируемости, полноты	Составить спецификации требований к конкретному программному продукту
<i>Этап – проектирование</i>					
Воспроизводить термины, связанные с архитектурой, каркасными и шаблонными моделями, детальной разработкой	Понимать термины «архитектура программного обеспечения», «детальная разработка»	Разработать ментальную модель приложения на высоком уровне	Выполнить декомпозицию приложения на компоненты	Оценить выбранную архитектуру приложения с точки зрения связности и сцепления	Составить альтернативные метрики для выбора архитектуры
<i>Этап – реализация</i>					
Воспроизводить термины, связанные с реализацией, языками программирования	Понимать стандарты реализации, стили кодирования	Для классов проверять корректность инкапсулируемых значений параметров	Анализировать инварианты, разработать доказуемо корректную программу	Оценить приложение по параметрам – количество созданных объектов, количество вызовов, среднее время работы каждого метода	Создайте прототип приложения для мобильных устройств
<i>Этап – качество продукта</i>					
Воспроизводить термины модульного и системного тестирования	Понимать методы ручного и автоматического тестирования	Применять стандарты тестирования, составлять тестовые сценарии	Представить уровни разбиения на диапазоны для модульного тестирования приложения	Оценить объемы модульного тестирования, необходимые ресурсы; проверить обработку структур данных приложения	Составить тестовые варианты с параметрами из диапазона, на границах диапазона и вне диапазона
<i>Этап – сопровождение</i>					
Воспроизводить термины, связанные с сопровождением программ	Понимать определения сопровождения приложений, оценки затрат на сопровождение	Использовать стандарты сопровождения; применять метрики сопровождения	Анализировать проблемы, связанные с сопровождением программ по категориям	Оценить стоимость выполнения запроса на сопровождение	Провести реинжиниринг конкретного приложения

ВЫВОДЫ

Классификация учебных дисциплин подготовки по программной инженерии и разворачивание уровней образовательных целей таксономии Блума по стадиям разработки программного обеспечения позволяют придерживаться целостности подхода в методике обучения студентов, а также подбора соответствующих средств обучения и программного инструментария. В дальнейшем планируется более детальная реализация образовательных целей таксономии Блума как для разработки спецификаций учебных целей, так и классификации уровней компетентности при оценивании студентов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения / Эрик Дж. Брауде. – СПб.: Питер, 2004. – 655 с.
2. Освітньо-кваліфікаційна характеристика напряму підготовки 6.050103 «Програмна інженерія» / ГСВОУ. – К. : Міністерство освіти і науки України, 2008. – 25 с.
3. Освітньо-професійна програма напряму підготовки 6.050103 «Програмна інженерія» / ГСВОУ. – К. : Міністерство освіти і науки України, 2008. – 26 с.
4. Сайт ABET / [Electronic resource]. – URL: <http://www.abet.org/>
5. Сейдаметова З.С. Облачные технологии и образование: под общ. ред. З.С. Сейдаметовой / З.С. Сейдаметова, Э.И. Абляимова, Л.М. Меджитова и др. – Симферополь: «ДИАИПИ», 2012. – 204 с.
6. ABET Outcomes Explained Using Bloom's Taxonomy / [Electronic resource]. – URL: http://www.eng.auburn.edu/cheweb/faculty/ABET_Outcomes_Explained_Using_Bloom's_Taxonomy.docx
7. Anderson L.W. A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives / L.W. Anderson, D. Krathwohl and others. – NY, USA: Longman, 2001. – 352 p.
8. Bloom B.S. Taxonomy of Educational Objectives Book 1: Cognitive Domain [2nd edition] / B.S. Bloom. – NY, USA: Addison Wesley Publishing Company, 1984. – 207 p.
9. Bloom's Digital Taxonomy / Educational Origami / [Electronic resource]. – URL: <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom's+Digital+Taxonomy>
10. Bourque P. Bloom's taxonomy levels for three software engineering profiles / P. Bourque, L. Buglione, A. Abran, A. April. // Proceedings of the 11th Annual International Workshop on Software Technology and Engineering Practice (STEP'04). – Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2004. – pp. 123-129.
11. Cheville A. Work in Progress – Assessing the Engineering Curriculum through Bloom's Taxonomy / A. Cheville, A. Yadav, D. Subedi, M. Lundeberg. – FIE: IEEE Frontiers in Education Conference, 2008. – pp. S3E-15-S3E-16.
12. Clark A.C. Engineering and Technical Graphics Education; Using the Revised Bloom's Taxonomy / A. C. Clark, J. V. Ernst // Journal for Geometry and Graphics 14, No. 2, 2010. – pp. 217-226.
13. Felder R.M. The ABC's of Engineering Education: ABET, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on / R. M. Felder, R. Brent / [Electronic resource]. – URL: [www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/-public/Papers/ASEE04\(ABCs\).pdf](http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/-public/Papers/ASEE04(ABCs).pdf)
14. Goel S. Revising Bloom's Taxonomy wrt Engineering Education / Sanjay Goel, April 15, 2011 / [Electronic resource]. – URL: <http://goelsan.wordpress.com/2011/04/15/revising-blooms-taxonomy-wrt-engineering-education/>
15. Khairuddin N. Application of Bloom's Taxonomy in Software Engineering Assessments / N. N. Khairuddin, K. Hashim. // ACS'08 Proceedings of the 8th conference on Applied computer science. – Stevens Point, Wisconsin, USA: WSEAS, 2008. – pp. 66-69.
16. Krathwohl D.R. A revision of Bloom's Taxonomy: An Overview / D.R. Krathwohl. // Theory into Practice, № 41, 2002. – pp. 212-218.
17. Modeling languages. UML tools. / [Electronic resource]. – URL: <http://modeling-languages.com/uml-tools>
18. Modeling languages. Our list of online modeling tools. / [Electronic resource]. – URL: <http://modeling-languages.com/web-based-modeling-tools>
19. Niazi M. Teaching Global Software Engineering: Planning and Preparation Using a Bloom's Taxonomy / M. Niazi // Lecture Notes in Engineering and Computer Science. Volume 2204, Issue 1, 2013. – pp. 380-383. http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/WCE2013_pp380-383.pdf
20. Selvarani R. Dynamic Cognitive Process Application of Blooms Taxonomy for Complex Software

- Design in the Cognitive Domain. / N.R. ShashiKumar, T.P. Pushpavathi, R. Selvarani// arXiv:1002.2829[cs.SE]. Submitted on 15 Feb., 2010. / [Electronic resource]. – URL: <http://arxiv.org/pdf/1002.2829.pdf>
21. The Engineering Taxonomy / [Electronic resource]. – URL: [http://es21c.okstate.edu/resources/Taxonomy/Engineering Taxonomy.pdf](http://es21c.okstate.edu/resources/Taxonomy/Engineering%20Taxonomy.pdf)

REFERENCES

1. Braude, E. (2004) Tehnologija razrabotki programnogo obespechenia. Sankt-Peterburg : Piter.
2. Osvitn'o-kvalifikacijna harakterystyka naprjamu pidgotovky 6.050103 «Programna inzhenerija». GSVOU. (2008) Kyi'v : Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy.
3. Osvitn'o-profesijna programma naprjamu pidgotovky 6.050103 «Programnainzhenerija». GSVOU. (2008) Kyi'v: Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy.
4. Braude, Je. (2004) Tehnologija razrabotki programnogo obespechenija. Sankt-Peterburg : Piter.
5. Sejdametova, Z. S., Abljalimova, Je. I., Medzhitova, L. M. (2012) Oblachnye tehnologii i obrabotanie: pod obshhej redakciej Z.S. Sejdametovoj. Simferopol' : «DIAJPI».
5. ABET. URL: <http://www.abet.org/>
6. ABET Outcomes Explained Using Bloom's Taxonomy. [Electronic resource]. URL : http://www.eng.auburn.edu/cheweb/faculty/ABET_Outcomes_Explained_Using_Bloom's_Taxonomy.docx
7. Anderson L. W. , Krathwohl D. (2001) A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational. NY, USA: Longman.
8. Bloom, B. S. (1984) Taxonomy of Educational Objectives Book 1: Cognitive Domain [2nd edition] NY, USA : Addison Wesley Publishing Company.
9. Bloom's Digital Taxonomy. Educational Origami. [Electronic resource]. URL : <http://edorigami.wikispaces.com/Bloom's+Digital+Taxonomy>
10. Bourque P., Buglione, L., Abran, A., April, A. (2004) Bloom's taxonomy levels for three software engineering profiles. Proceedings of the 11th Annual International Workshop on Software Technology and Engineering Practice (STEP'04). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 123-129.
11. Chevillat, A., Yadav, A., Subedi, D., Lundeborg, M. (2008) Work in Progress – Assessing the Engineering Curriculum through Bloom's Taxonomy. FIE: IEEE Frontiers in Education Conference, S3E-15-S3E-16.
12. Clark, A.C., Ernst J. V. (2010) Engineering and Technical Graphics Education; Using the Revised Bloom's Taxonomy. Journal for Geometry and Graphics 14, 2, 217-226.
13. Goel, S. (2011) Revising Bloom's Taxonomy wrt Engineering Education, April [Electronic resource]. URL: <http://goelsan.wordpress.com/2011/04/15/revising-blooms-taxonomy-wrt-engineering-education/>
14. Felder, R.M., Brent, R. The ABC's of Engineering Education: ABET, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on. [Electronic resource]. URL: [www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/-public/Papers/ASEE04\(ABCs\).pdf](http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/-public/Papers/ASEE04(ABCs).pdf)
15. Khairuddin, N., Hashim, K. (2008) Application of Bloom's Taxonomy in Software Engineering Assessments. ACS'08 Proceedings of the 8th conference on Applied computer science. Stevens Point, Wisconsin, USA: WSEAS, 66-69.
16. Krathwohl, D.R. (2002) A revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. Theory into Practice, 41, 212-218.
17. Modeling languages. UML tools. [Electronic resource]. URL: <http://modeling-languages.com/uml-tools>
18. Modeling languages. Our list of online modeling tools. [Electronic resource]. URL: <http://modeling-languages.com/web-based-modeling-tools>
19. Niazi, M. (2013) Teaching Global Software Engineering: Planning and Preparation Using a Bloom's Taxonomy. Lecture Notes in Engineering and Computer Science. Volume 2204, Issue 1, 380-383. http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/WCE2013_pp380-383.pdf
20. Selvarani R. , ShashiKumar, N.R, Pushpavathi, T.P. (2010) Dynamic Cognitive Process Application of Blooms Taxonomy for Complex Software Design in the Cognitive Domain. arXiv:1002.2829[cs.SE]. [Electronic resource]. URL: <http://arxiv.org/pdf/1002.2829.pdf>
21. The Engineering Taxonomy. [Electronic resource]. URL: [http://es21c.okstate.edu/resources/Taxonomy/Engineering Taxonomy.pdf](http://es21c.okstate.edu/resources/Taxonomy/Engineering%20Taxonomy.pdf)

Стаття надійшла до редакції 22.04.2014 р.