

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАССОВЫХ ОТКРЫТЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Как ожидается, в течение следующего десятилетия количество рабочих мест программной инженерии будет расти быстрее, чем других рабочих мест [1]. Областью деятельности программных инженеров является производство больших программных систем. Это процесс, распределенный во времени, а в настоящее время - и в пространстве: многие проекты выполняются специалистами из разных стран. Требования к компетенциям специалистов по программной инженерии, сформулированы в основополагающих документах, которые разработаны международными организациями ACM и IEEE. Они регламентируют учебные программы подготовки по направлению «Программная инженерия» (Software Engineering, SE). Такими документами являются «Software Engineering 2004» (Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering, SE 2004) [2, 3] (бакалавриат) и «Graduate Software Engineering 2009» (Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering, GSwE2009) (магистратура) [4]. Также сформулированы области знаний для программных инженеров, которые представлены в «Guide to the Software Engineering Body of Knowledge v.3» (SWEBOK v.3) [5].

В Европе с 2010г. действует Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0 (European e-Competence Framework 2.0, e-CF) [6]. В ее основе лежат соответствующие документы ведущих стран Евросоюза: Германии, Великобритании и Франции. ГОСТ Р 56156-2014, соответствующий e-CF, действует и в Российской Федерации [7].

e-CF охватывает компетенции необходимые для [5]:

- 1) всех этапов жизненного цикла ИТ-проектов;
- 2) эксплуатации и использования ИКТ;
- 3) принятия решений и разработки стратегий;
- 4) предвидения новых сценариев.

Целевой группой e-CF являются специалисты, принимающие участие в ИКТ бизнес-процессах, так как ИКТ используются во всех секторах экономики. Поэтому программные инженеры попадают в поле действия e-CF.

Перечисленные выше документы содержат унифицированные требования к подготовке специалистов по программной инженерии (ПИ), позволяют формализовать проверку качества этой подготовки и контролировать соответствие компетенций выпускников учебных заведений и практикующих специалистов требуемому своду компетенций.

Качественная математическая подготовка составляет базис образования специалистов по программной инженерии. В нашей работе далее используется классификация областей знаний (Knowledge Areas, KAs), принятая в SWEBOK v.3 [5]. Десять KAs являются профессиональными областями, пять дополнительных относятся к смежным.

Нами проанализирована область знаний «Математические основы», которая относится к категории смежных областей в подготовке программных инженеров. Описание этой области знаний содержит 11 тем [5]:

- 1) множества, отношения, функции;
- 2) основы логики;
- 3) методы доказательств;
- 4) основы вычислений;
- 5) графы и деревья;
- 6) дискретная вероятность;

- 7) конечные автоматы;
- 8) грамматики;
- 9) точность вычислений и ошибки;
- 10) теория чисел;
- 11) алгебраические структуры.

В SE 2004 также содержатся указания на этот рекомендованный набор обязательных тем из области математических знаний.

В последние годы проявляется тенденция интернационализации образования по направлению «Программная инженерия». Многие вузы используют коллаборативные и распределенные методологии и технологии разработки проектов в командах для формирования профессиональных компетенций студентов ПИ. В таких проектах участвуют студенты различных университетов/колледжей нескольких стран [8] разных континентов.

Современное классическое высшее образование в последние годы столкнулось с серьезным вызовом в виде массивов открытых онлайн курсов (Massive Open Online Courses, MOOC) [9]. В последние годы публикационная активность авторов, исследующих применение MOOC, значительно выросла. Нами были проанализированы корпуса публикаций, размещенных в цифровых библиотеках: Научная электронная библиотека (eLIBRARY.ru), ACM Digital Library (<http://portal.acm.org/>), IEEE Xplore (<http://ieeexplore.ieee.org/>), SpringerLink (<http://www.springerlink.com/>), CiteSeer Library (<http://citeseer.ist.psu.edu/>), ScienceDirect (<http://www.sciencedirect.com/>). Поисковая строка в нашем исследовании содержала слово «MOOC», которое может встретиться в тексте (или любом атрибуте) публикации в зависимости от инструмента поиска (или расширенного поиска) соответствующей библиотеки. В табл. 1, разработанной авторами на основе открытых источников Интернет, представлено распределение по годам доли найденных публикаций.

**Таблица 1**

**Распределение доли публикаций с поисковым словом «MOOC» по годам, %**

Год	Электронная библиотека					
	eLibrary	ACM DL	IEEE Xplore	Springer Link	Citeseer	ScienceDirect
2010	0	0	0	0	2	0
2011	0	1	0	0	2	0
2012	0	7	2	2	20	2
2013	11	23	43	19	70	18
2014	81	68	54	61	6	62
2015	8	1	1	18	0	18

Нами также ранее исследовались вопросы применения открытых образовательных ресурсов в высшем профессиональном образовании [10-13].

Однако научно-исследовательских работ, посвященных созданию и применению MOOC в математическом образовании, крайне мало. Основная масса публикаций посвящена использованию MOOC в практике STEM (science, technology, engineering & math). Гораздо меньше работ исследуют вопросы обучения математическим дисциплинам в высшем профессиональном образовании [14].

Миссия этих открытых образовательных технологий изначально интернациональная. В нашей работе мы рассмотрим, как технологии MOOC соответствуют требованиям SWEBOK

v.3 и SE 2004., а также могут быть использованы при формировании общенаучных компетенций студентов инженерии программного обеспечения.

МООС с точки зрения академического вуза рассматриваются в настоящее время как дополнение/альтернатива классическому высшему образованию. МООС-курс обычно представляет собой последовательность видео-уроков, презентаций или текстовых ресурсов. Уроки могут сопровождаться заданиями. Допускается комплексное задание по тематике нескольких уроков.

Многие курсы МООС по тематике дисциплин высшего образования платные. Иногда вместо оплаты обучения на курсе студент может приобрести соответствующую печатную литературу или получить платный доступ к ее электронным вариантам на специализированных сайтах по соглашению с издательством.

Небольшая часть МООС имеет систему тестирования промежуточных знаний, еще меньшая часть имеет тренажеры для выполнения заданий.

Технологии МООС ориентированы на сотрудничество студентов в процессе обучения:

- 1) в рекомендациях авторов курсов предлагается выполнять задания в процессе совместной работы с другими студентами;
- 2) поощряется совместный просмотр видеоуроков;
- 3) часть курсов имеет инструменты для оценивания студентами деятельности других студентов при выполнении заданий.

Таким образом, авторы курсов стремятся повысить заинтересованность обучаемых в успешном завершении процесса обучения.

Это вызвано тем, что при действительно массовой подписке на курсы процент студентов, получивших сертификат об обучении, небольшой. В первую очередь такая ситуация складывается на курсах по дисциплинам университетских программ. Для сравнения, доля обучаемых, успешно завершивших курс, выше на узкоспециализированных курсах (например, для подготовки к сертификации по программному обеспечению, администрированию, компьютерной безопасности и защите информации) или курсах самообразования и повышения квалификации.

Высокий отсев обучаемых на МООС-курсах высшего образования можно объяснить несколькими причинами. Причины субъективного характера, связанные с особенностями целеполагания и мотивации студентов, обучаемых на МООС, выходят за рамки нашего исследования. Среди объективных причин следует указать две.

Во-первых, затраты времени в течение недели, анонсируемые авторами курса, рассчитаны на среднестатистического обучаемого. Например, на отдельном курсе по направлению подготовки «Компьютерные науки» эти затраты составляют 5-10 часов в неделю. В реальности, эти затраты могут быть существенно выше с учетом уровня профессиональной и лингвистической подготовки студентов, а также производительности средств доставки электронных дидактических материалов.

Во-вторых, университеты-соучредители платформ МООС не признают результаты обучения на МООС-курсах в качестве части кредита по соответствующей дисциплине. Обучаемый, успешно завершивший курс, получает сертификат от инструктора курса. Тем более, отсутствует взаимное признание результатов обучения на курсах тех платформ МООС, в создании которых принимают участие университеты и преподаватели разных стран [15].

Цель нашего исследования – определение возможности использования курсов MOOC тематики «Математические основы» [5] при применении дистанционных образовательных технологий [10] в смешанной модели обучения по направлению подготовки «Программная инженерия». Выполнен анализ аннотаций курсов MOOC-платформ: Stanford | Online (online.stanford.edu), MIT OpenCourseWare (ocw.mit.edu), Edx (edx.org), Udemy (udemy.com), Udacity (udacity.com), Coursera (coursera.org) и Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» (intuit.ru).

Stanford | Online. Исследование выполнялось в два этапа. На первом этапе были рассмотрены курсы категорий «Mathematics (Математика)» и «Mathematics, engineering & computer science (Математика, Инженерия и компьютерные науки)». Курс «Introduction to Mathematical Thinking (Введение в математическое мышление)» категории «Mathematics» предназначен для подготовки студентов для дальнейшего изучения университетского уровня математики. Курс «Statistical Learning (Обучение статистике)» этой категории тоже вводного уровня. Таким образом, курсы этих категорий являются выравнивающими и не покрывают тематики области знаний «Математические основы».

На втором этапе были исследованы курсы двух категорий:

- 1) «Mathematics, Engineering & Computer Science (Математика, инженерия и компьютерные науки)», доступной на Stanford OpenEdX;
- 2) «Engineering & Computer Science (Инженерия и компьютерные науки)», доступной на Coursera.

В категории «Mathematics, Engineering & Computer Science» проанализирован курс «Language, Proof and Logic (Язык, Доказательство и логика)». Он базируется на языке FOL (the language of First-Order Logic) и частично покрывает темы 2) и 3) области знаний «Математические основы». Также существует версия этого курса в режиме «Self-paced».

В категории «Engineering & Computer Science» доступен курс «Automata (Автоматы)», автор-инструктор Jeffrey Ullman, почетный профессор Стэнфордского университета. Объявленная интенсивность обучения на этом курсе выше средней: 8-10 часов в неделю, продолжительность 6 недель. Курс основан на популярной книге автора курса *J. Hopcroft, R. Motwani, J. Ullman*. «Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation» и покрывает темы 7) и 8).

MIT OpenCourseWare. Исследована категория «Mathematics (Математика)», в которой курсы сгруппированы в десяти подкатегориях. Рассмотрены курсы категорий «Algebra and Number Theory (Алгебра и теория чисел)», «Applied Mathematics (Прикладная математика)», «Calculus (Исчисление)», «Computation (Вычисление)», «Mathematical Logic (Математическая логика)», «Probability and Statistics (Вероятность и статистика)».

В категории «Applied Mathematics» выделен курс «6.042 Mathematics for Computer Science (Математика для компьютерных наук)». Его тематика покрывает большинство тем области знаний «Математические основы». Однако в последний раз запись на этот курс была открыта осенью 2010 г.

В подкатегории «Algebra and Number Theory» исследованы курсы «18.701 Algebra I (Алгебра I)» и «18.702 Algebra II (Алгебра II)». Отдельные разделы этих курсов покрывают тему 11).

Edx. В категории «Math (Математика)» исследованы три курса серии «Introduction to Statistics (Введение в статистику)», предоставленные UC Berkeley. Один из них – «Introduction to Statistics: Probability» - частично покрывает тему 6) области знаний «Математические основы».

Udemy. В категории «Образование» исследована подкатегория «Математика и наука». Рассмотрен курс «Алгебра I (Начала алгебры)» с целью оценки его использования в теме 11). Это курс вводного уровня, в нем не рассматриваются вопросы, предусмотренные в области знаний «Математических основах».

Udacity. В этом узкоспециализированном проекте по ИТ-технологиям отсутствуют курсы математической подготовки.

Coursera. Самая популярная МООС-платформа, у которой около 1000 бесплатных курсов, почти 100 партнеров и более 10 млн. посетителей. Нами исследованы категории «Специальности (Specialization)» и «Курсы (Courses)».

В категории «Специальности» проанализирован план обучения по специализации «Fundamental of Computing (Основы вычислений)», предоставленный Rice University. Платформа Coursera использована как интегратор, само обучение происходит на другой площадке ([www.codeskulptor.org](http://www.codeskulptor.org)). Обучение по этой специализации платное (\$49). Учебный план содержит 3 темы и одно контрольное мероприятие. Каждая из тем разбита на две части, что связано с ограничением по времени освоения тем: продолжительность 4-5 недель при ожидаемой недельной загруженности 7-10 часов. Вопросы второй темы «Principles of Computing (Принципы вычислений)» частично покрывают тему б) области знаний «Математические основы».

В категории «Курсы» исследованы подкатегории «Математика» и «Статистика и анализ информации».

В подкатегории «Математика» представлены 76 курсов. Среди них доступен курс «Анализ алгоритмов», предоставленный Принстонским университетом, автор-инструктор Robert Sedgewick. Курс основан на популярной книге автора курса *R. Sedgewick Robert, Ph. Flajolet*. «An Introduction to the Analysis of Algorithms». Один из разделов этого курса покрывает тему 5) области знаний «Математические основы».

В подкатегории «Статистика и анализ информации» представлены 74 курса. Здесь доступны курсы, созданные на русском языке. Три из них («Эконометрика (Econometrics)», «Теория игр (Game Theory)» и «Линейная алгебра (Linear Algebra)» предоставлены Высшей школой экономики. Один курс «Основы комбинаторики (Introduction to combinatorics)» подготовлен в Московском физико-техническом институте. Проанализирована тематика курса «Основы комбинаторики». Анонсированы временные затраты студента 4-6 часов в неделю. Отдельные разделы этого курса покрывают тему б).

Интуит. Этот университет предоставляет две программы обучения для второго высшего образования по направлению подготовки «Инженерия программного обеспечения». Для лиц, имеющих гуманитарное образование, программа рассчитана на 3,5 года, для имеющих техническое или естественно-научное образование – на 2,5 года. Обучение платное. В результате анализа учебных программ этой специальности выделены курсы «Дискретная математика» (в двух частях), используемые в одном или двух учебных модулях в зависимости от профиля базового образования студентов. Учебные программы этих курсов адаптированы к требованиям SWEBOK v.3 и SE 2004 и покрывают темы 1) – 8).

Выполненные нами исследования показали (см. табл. 2, разработанная авторами на основе открытых источников Интернет, приведенными в табл. 3), что различные платформы МООС предоставляют курсы математической подготовки для программ высшего образования, среди которых можно выделить курсы:

- 1) достаточно полно покрывающие требования SWEБОК v.3 и SE 2004 к математической подготовке специалистов по направлению «Программная инженерия»;
- 2) пригодные к использованию как дополнительные образовательные ресурсы по отдельным темам области знаний «Математические основы».

**Выводы**

При использовании MOOC-курсов в смешанной модели обучения студентов направления подготовки «Программная инженерия» следует учитывать несколько факторов.

**Таблица 2**

**MOOC-курсы, покрывающие тематику области знаний  
«Математические основы» SWEБОК v.3**

Тема области знаний	MOOC-платформы						
	Stanford   Online	MIT Open CourseWare	Edx	Udemy	Udacity	Coursera	ИНТУИТ
1)							+ <sup>11</sup> , + <sup>12</sup>
2)	± <sup>1</sup> , ± <sup>2</sup>						
3)							
4)		+ <sup>4</sup>					
5)						+ <sup>8</sup>	
6)			± <sup>7</sup>			± <sup>9</sup> , ± <sup>10</sup>	
7)	+ <sup>3</sup>						
8)							
9)							
10)							
11)		+ <sup>5</sup> , + <sup>6</sup>					

Таблица 3

## Открытые источники Интернет, использованные при исследовании.

	Название курса	Доступ к курсу
1	Language, Proof and Logic	<a href="https://class.stanford.edu/courses/Philosophy/LPL/2014/about">https://class.stanford.edu/courses/Philosophy/LPL/2014/about</a>
2	Language, Proof and Logic (Self-paced)	<a href="https://class.stanford.edu/courses/Philosophy/LPL-SP/SelfPaced/about">https://class.stanford.edu/courses/Philosophy/LPL-SP/SelfPaced/about</a>
3	Automata	<a href="https://www.coursera.org/course/automata">https://www.coursera.org/course/automata</a>
4	6.042 Mathematics for Computer Science	<a href="http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-042j-mathematics-for-computer-science-fall-2010/">http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-042j-mathematics-for-computer-science-fall-2010/</a>
5	18.701 Algebra I	<a href="http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-701-algebra-i-fall-2010/">http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-701-algebra-i-fall-2010/</a>
6	18.702 Algebra II	<a href="http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-702-algebra-ii-spring-2011/">http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-702-algebra-ii-spring-2011/</a>
7	Introduction to Statistics: Probability	<a href="https://www.edx.org/course/introduction-statistics-probability-uc-berkeleyx-stat2-2x#.VPIMvHysVOI">https://www.edx.org/course/introduction-statistics-probability-uc-berkeleyx-stat2-2x#.VPIMvHysVOI</a>
8	Анализ алгоритмов	<a href="https://www.coursera.org/course/aofa">https://www.coursera.org/course/aofa</a>
9	Fundamental of Computing	<a href="https://www.coursera.org/specialization/fundamentalscomputing2/37?utm_medium=listingPage">https://www.coursera.org/specialization/fundamentalscomputing2/37?utm_medium=listingPage</a>
10	Основы комбинаторики	<a href="https://www.coursera.org/course/combinatorics">https://www.coursera.org/course/combinatorics</a>
11	Инженерия программного обеспечения	<a href="http://www.intuit.ru/studies/higher_education/3402/info">http://www.intuit.ru/studies/higher_education/3402/info</a> для лиц, имеющих гуманитарное образование
12	Инженерия программного обеспечения	<a href="http://www.intuit.ru/studies/higher_education/3409/info">http://www.intuit.ru/studies/higher_education/3409/info</a> для лиц, имеющих техническое или естественно-научное образование

## **Выводы**

При использовании MOOC-курсов в смешанной модели обучения студентов направления подготовки «Программная инженерия» следует учитывать несколько факторов.

MOOC-курсы не могут быть признаны в качестве кредита или его доли ни одним из университетов (даже университетом, подготовившим эти курсы). Многие курсы MOOC платные или предусматривают приобретение соответствующего учебного пособия. Абсолютное большинство курсов на зарубежных платформах MOOC англоязычные и не имеют субтитров на русском языке. Русскоязычные курсы представлены только на Coursera и Интуит. Так как найденные нами курсы на платформе Интуит являются курсами по образовательной программе «Программная инженерия», их использование в смешанной модели обучения других вузов невозможно.

Авторами/инструкторами найденных нами курсов являются известные ученые, книги которых составляют фундамент математической подготовки специалистов по программной инженерии. Инструменты контроля и самоконтроля деятельности студентов на разных платформах отличаются, а реализация заданий на уровне программирования не является обязательной. У некоторых курсов можно узнать статистику записи обучаемых. Она показывает высокую нагрузку на инструкторов курсов. Поэтому предложения авторов курсов работать в командах и активно использовать сервисы веб 2.0 этих курсов для коллаборативного обучения свидетельствует о том, что не все обучаемые смогут в полной мере рассчитывать на быстрый и прямой контакт с инструктором при разрешении проблем.

С учетом того, что график обучения на MOOC-курсе обычно не привязан к графику учебного процесса академического учебного заведения это создает дополнительные организационные трудности при использовании MOOC в смешанной модели обучения студентов направления подготовки «Программная инженерия». Исключение составляют MOOC-курсы с режимом «Self-paced», обучение на которых можно синхронизировать с традиционным обучением в базовом университете по смешанной модели.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Weissberger I., Qureshi A., Qureshi A. Delivering software engineering education through LEGO robotics. Proc. ICCSE 14. 2014 9th International Conference on Computer Science & Education. P. 169-176.
2. Software Engineering 2004. Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. IEEE & ACM JTFCC. 2004. <http://sites.computer.org/ccse/SE2004Volume.pdf>.
3. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах. – М.: ИНТУИТ.РУ "Интернет-Университет Информационных Технологий", 2007. – 462 с
4. Graduate Software Engineering 2009 (GSWE2009). Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering. Version 1.0. Stevens Institute of Technology. September 30, 2009. [http://www.gswe2009.org/fileadmin/files/GSWE2009\\_Curriculum\\_Docs/GSWE2009\\_version\\_1.0.pdf](http://www.gswe2009.org/fileadmin/files/GSWE2009_Curriculum_Docs/GSWE2009_version_1.0.pdf).
5. SWEBOOK Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Version 3.0, IEEE Computer Society. 2014. <http://www.computer.org/web/swebok/v3>.
6. European e-Competence Framework 2.0. [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/ebi/european\\_e-competence\\_framework\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/ict/files/ebi/european_e-competence_framework_en.pdf).
7. Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0. Часть 1. Общая европейская рамка компетенций ИКТ-специалистов для всех секторов индустрии. – М.: РОССТАНДАРТ. Группа МКС 13.340.40., 2011. – 78 с.
8. Gotel O., Scharff C., Kulkarni V. Mixing continents, competences and roles: Five years of lessons for software engineering education. - IET Software. - 2012. -Vol. 6, № 3. - P. 199-213.
9. Stocum D.L. Killing Public Higher Education: The Arms Race for Research Prestige. Academic press. 2013. 46 p.
10. Галимов И.А., Дацун Н.Н., Уразаева Л.Ю. Особенности организации образовательного процесса в дистанционном обучении студентов в свете требований ФГОС / Технологии организации образовательного процесса в вузе: коллективная монография / Н.Л. Жмакина, И.С. Телегина, И.И. Левашева и др.; под ред. Е.В. Гончаровой. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2014. - С. 32-72.
11. Дацун Н.Н., Волкова Е.И. Технологии дистанционного и открытого обучения в химическом образовании. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Хімія і хімічна технологія". 2014. № 2 (23). С. 195-198.
12. Дацун Н.Н. Новые технологии открытого и дистанционного обучения в инженерном образовании / Известия ЮФУ–ДонНТУ. Материалы Пятнадцатой Международной научно-практической конференции «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 3-х кн. – Таганрог. Изд-во ЮФУ. Кн. 2, 2014, № 14. – с.98-105.
13. Дацун Н.Н. Новые технологии открытого обучения в IT-образовании / Материалы XXV Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», 25 – 26 июня 2014 г. г. Москва, г. Троицк. – с. 154-156.

14. Овсянникова Т.Л. Зарубежный опыт дистанционного обучения высшей математике. Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2014. № 1. С. 389-392.
15. Сольдадо Р.М., Мехиас М.Х., Хейвуд Д. Признание традиционными университетами результатов открытого обучения. Непрерывное образование: XXI век. 2014. № 1 (5). С. 88-104.