

Анализ веб-доступности массовых открытых онлайн-курсов по математическим дисциплинам

Косова Екатерина Алексеевна – канд. пед. наук, доцент. E-mail: lynx99@inbox.ru

Халилова Милера Юсуфовна – магистрант. E-mail: milera16@mail.ru

Таврическая академия (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

Адрес: 295007, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4

Аннотация. В статье представлены итоги исследования проблемы разработки массовых открытых онлайн-курсов (МООК), соответствующих принципам доступности контента для людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). Методом просмотра каталогов платформ МООК получен массив из 56 бесплатных русскоязычных МООК по математическим дисциплинам, размещённых на пяти платформах. Путём автоматического тестирования с помощью Web Accessibility Checker проведена оценка доступности функционального и информационного содержимого МООК. Обнаружено, что 73% МООК соответствуют тематикам «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дискретная математика» и «Алгебра и геометрия», восемь базовых дисциплин высшего математического образования вообще не охвачены онлайн-обучением, 96,4% курсов имеют ограничения доступности, особенно для людей с нарушением зрения. Проблемы доступности связаны с недостатками МООК-платформ и ошибками разработчиков курсов. Полученные результаты свидетельствуют о слабом охвате онлайн-курсами типа МООК базовых математических дисциплин, входящих в учебные планы высшей школы России, и указывают на низкую доступность веб-контента МООК по математическим дисциплинам для обучающихся с ОВЗ. Из результатов работы вытекает необходимость расширения ассортимента МООК с охватом всех базовых математических дисциплин, устранения в имеющихся курсах нарушений доступности, предписания платформам и разработчикам строго придерживаться положений Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) в новых курсах.

Ключевые слова: МООК, математическое образование, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, доступность веб-контента, лица с ограниченными возможностями здоровья

Для цитирования: Косова Е.А., Халилова М.Ю. Анализ веб-доступности массовых открытых онлайн-курсов по математическим дисциплинам // Высшее образование в России. 2019. Т. 28. № 10. С. 157-166.

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-10-157-166>

Введение

Согласно Федеральному закону «Об образовании Российской Федерации» инклюзивный подход означает «обеспечение равного доступа к образованию для всех обучающихся с учётом разнообразия особых образовательных потребностей и индивиду-

альных возможностей»¹. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии, в частности массовые открытые

¹ Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

онлайн-курсы (МООК), в полной мере поддерживают идеологию инклюзивного образования, восполняя пробелы в обучении людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) [1; 2]. Они не требуют личного присутствия обучающегося в аудитории, предлагая академические возможности без необходимости путешествовать [3]. Между тем в учреждениях высшего образования Российской Федерации по дистанционным программам обучаются менее 2% инвалидов и лиц с ОВЗ [4].

МООК должны разрабатываться в соответствии с требованиями доступности и универсальности дизайна [2; 5–9] при обязательном соблюдении методических указаний по обеспечению доступности веб-контента (Web Content Accessibility Guidelines, WCAG 2.0)². Популярны агрегаторы и платформы онлайн-образования публикуют рекомендации к содержанию курсов для лиц с ОВЗ и инвалидов [10–12], однако зачастую эти рекомендации не соблюдаются или соблюдаются частично [2; 6; 8]. Известно, что курсы по математике относятся к категории наиболее востребованных [13], при этом достижение стандартов доступности для математических дисциплин представляет некоторую сложность из-за специфических особенностей контента – использования специальной (научной) нотации, аналитических рассуждений с применением сложных расчётов, графических построений [14; 15].

Целью настоящей работы является анализ доступности для обучающихся с ОВЗ функционального и информационного содержания русскоязычных МООК по математическим дисциплинам.

Материал и методы исследования

Отбор курсов проводился на ведущих платформах онлайн-образования с русскоязычным контентом, таких как

«Лекториум»³, «Открытое образование»⁴, «Универсариум»⁵, «Coursera»⁶, «Stepik»⁷. Каталоги платформ просматривались полностью. Исследование предусматривало оценку бесплатных курсов, доступных для прохождения на момент проведения анализа (с января по март 2019 г.). К анализу допускались МООК, которые могут быть использованы в учебном процессе математических и информационно-технологических направлений подготовки бакалавриата (на примере образовательных программ и учебных планов 01.03.01 Математика, 01.03.02 Прикладная математика и информатика, 01.03.04 Прикладная математика).

В результате отбора получен массив из 56 актуальных курсов, которые были систематизированы по полям: 1) название курса; 2) организация-разработчик; 3) платформа; 4) направления подготовки; 5) дисциплины, в рамках которых может применяться курс; 6) возможности использования курса в учебном процессе (полная/частичная замена офлайн-обучения или «непригоден»).

Автоматическая проверка доступности контента выполнялась при помощи онлайн-инструмента Web Accessibility Checker⁸. Для автоматического анализа каждого онлайн-курса было выбрано семь страниц: 1) домашняя страница; 2) страница описания и структуры курса; 3) страница форума; 4) страница видеоурока; 5) цифровой документ (дополнительные материалы в форматах pdf, doc(x), xls(x), ppt(x), html); 6) страница проверки знаний (тестирование); 7) страница проверки знаний (взаимное оценивание). При наличии нескольких страниц для каждого из пунктов 3–7 выбор страницы для оценки произво-

³ Лекториум. URL: <https://www.lektorium.tv/>

⁴ Открытое образование. URL: <https://openedu.ru/>

⁵ Универсариум. URL: <https://universarium.org/>

⁶ Coursera. URL: <https://www.coursera.org/>

⁷ Stepik. URL: <https://welcome.stepik.org/ru>

⁸ Web Accessibility Checker. URL: <https://achecker.ca/checker/index.php/>

² Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. URL: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-ru/>

Таблица 1

**Онлайн курсы по математическим дисциплинам
(распределение по организациям-разработчикам и платформам)**

Организация-разработчик	Платформа					Всего
	Лекториум	Открытое образование	Универсариум	Coursera	Stepik	
Институт биоинформатики	0	0	0	0	4	4
МГТУ им. Н.Э. Баумана	0	1	0	0	0	1
МГУ	0	3	0	0	0	3
МПГУ	0	0	4	0	0	4
МФТИ	0	0	0	8	1	9
НИУ ВШЭ	0	1	0	2	0	3
ПГТУ	0	0	0	0	1	1
СамГУ	0	0	0	0	1	1
СПбГУ	0	1	0	3	0	4
СпбПУ	1	3	0	1	0	5
СпбГЭТУ	1	0	0	0	1	2
ТГУ	1	1	0	1	1	4
ТУСУР	0	0	0	0	1	1
Университет ИТМО	0	1	0	0	0	1
УрФУ	0	1	0	0	0	1
Школа BEEGEEK	0	0	0	0	1	1
Computer Science Center	0	0	0	0	10	10
организация не указана	0	0	0	0	1	1
ВСЕГО:	3	12	4	15	22	56

дился произвольным образом. В результате проанализировано 297 страниц.

По итогам проверки систематизировались данные об обнаруженных на каждой странице проблемах доступности с указанием нарушенного правила (положения) WCAG 2.0, соответствующего уровня доступности (А – низший, АА – средний и ААА – высший), наименования и количества обнаруженных ошибок. Уровень А означает, что пользователи, имеющие особые требования к доступности, сочтут невозможным использование веб-страницы; на уровне АА пользователям будет сложно работать с веб-страницей; уровень ААА подразумевает наличие отдельных трудностей при работе с

веб-страницей. Аккумулированные данные обрабатывались в программах Microsoft Excel и IBM SPSS Statistics 23.0 методами описательной статистики.

Результаты исследования

Согласно приведённым на курсах описаниям все отобранные MOOK соответствуют ФГОС по направлениям подготовки бакалавриата и могут использоваться в учебном процессе при смешанном обучении в качестве частичной замены аудиторной работы. Распределение количества онлайн-курсов по организациям-разработчикам и платформам представлено в *таблице 1*, по дисциплинам бакалавриата – на *рисунке 1*.

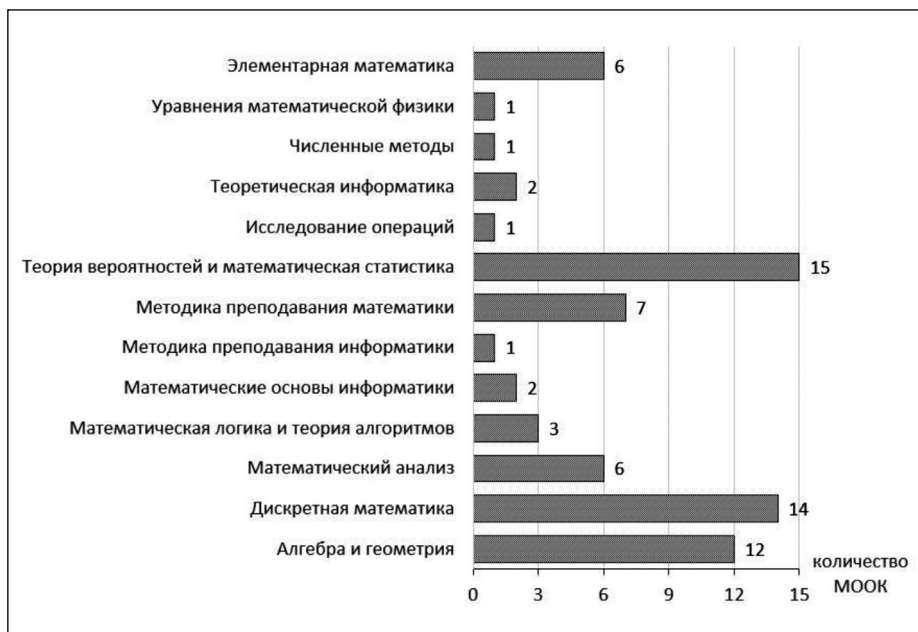


Рис. 1. Распределение онлайн-курсов по дисциплинам бакалавриата

Наибольшее число курсов по математическим дисциплинам размещено на платформах «Stepik» (22; 39,3%) и «Coursera» (15; 26,8%). Самые активные организации – разработчики курсов – Computer Science Center (10; 17,9%) и МФТИ (9; 16,1%). К наиболее распространенным в онлайн-сегменте дисциплинам относятся «Теория вероятностей и математическая статистика» (15 курсов; 26,8%), «Дискретная математика» (14; 25,0%), «Алгебра и геометрия» (12; 21,4%). При этом вообще отсутствуют МООК, относящиеся к таким базовым дисциплинам учебных планов, как «Дифференциальные уравнения», «Дифференциальная геометрия и топология», «Функциональный анализ», «Методы оптимизации», «Комплексный анализ», «Теория функций комплексной переменной», «Теоретическая механика», «Математические модели в механике» (доступность этих дисциплин для лиц с ОВЗ минимальна).

В результате автоматического тестирования 297 веб-страниц 56 курсов выявлены нарушения семи правил доступности, которые были систематизированы по уровням

согласно WCAG 2.0. Всего обнаружена 1671 ошибка на 204 страницах, из них 1306 ошибок (78,2%) низшего уровня и 365 (21,8%) – среднего уровня. Для высшего уровня инструмент автоматического тестирования ошибок не зафиксировал. Таким образом, 204 веб-страницы (68,7% от общего числа страниц) могут быть недоступны или труднодоступны для пользователей с особыми требованиями к контенту. 201 страница (67,7%) содержит ошибки низшего уровня, 116 страниц (39,1%) – ошибки среднего уровня, для 93 страниц (31,3%) тестирование не показало ошибок.

Наибольшее количество нарушений относится к правилу о предоставлении текстовой версии для любого нетекстового контента (см. круговую диаграмму на рисунке 2). В три раза меньше нарушений обнаружено для правил об удобочитаемости контента и необходимости упрощать аудиовизуальное восприятие материала. Оставшиеся четыре вида нарушений в совокупности составляют пятую часть (19,8%) от всех допущенных ошибок.

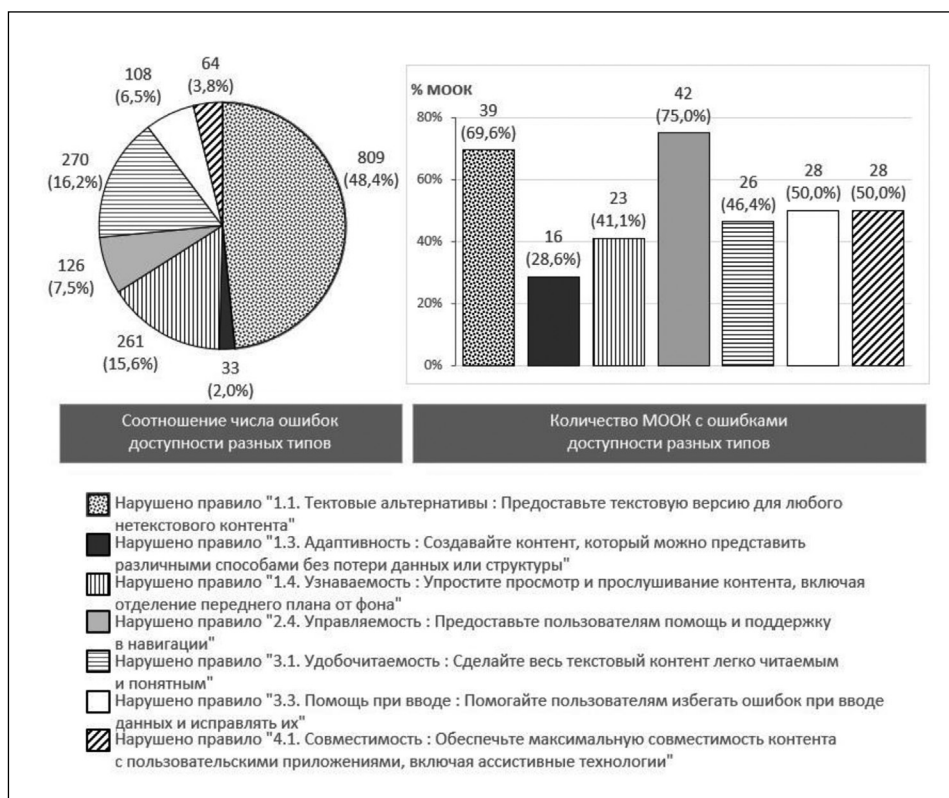


Рис. 2. Распределение ошибок в зависимости от нарушенного правила WCAG 2.0

Для трёх четвертей MOOK обнаружены нарушения правила о предоставлении помощи и поддержки в навигации (см. гистограмму на рисунке 2), в частности, автоматический анализ выявил несоблюдение иерархии заголовков внутри веб-документов, пустые теги заголовков веб-страниц и отсутствие текстовых эквивалентов для гиперссылок, представленных в виде рисунков. В контенте почти 70% курсов хотя бы один раз нарушено правило о необходимости предоставления текстового эквивалента для нетекстового содержимого (как правило, отсутствие альтернативного текстового описания для изображений). Половина MOOK содержат ошибки доступности интерфейса веб-форм (отсутствие текста, идентифицирующего поле для ввода данных) и ошибки совместимости контента веб-страницы с приложениями пользователя, в том числе ассистивными

(нарушения уникальности идентификаторов элементов страницы). Нарушения удобочитаемости текста, обнаруженные в контенте почти половины курсов, всегда связаны с тем, что язык документа не определяется программно или представлен в неправильной кодировке. Немногим более 40% MOOK содержат нарушения, связанные с удобством восприятия пользователями текстового контента, при этом самой распространённой ошибкой является использование курсива или полужирного шрифта. Нарушения адаптивности контента зафиксированы для трети курсов и связаны с отсутствием программно определённых текстовых меток для полей ввода данных и выпадающих списков.

Все курсы платформ «Coursera», «Универсариум», «Открытое образование» и «Stepik» имеют ошибки доступности (Табл. 2). Наибольшие проблемы наблюдаются на

Таблица 2

Распределение ошибок и страниц с ошибками по платформам

Платформа	% страниц (курсов) с ошибками	% страниц (курсов) с ошибками уровня А	% страниц (курсов) с ошибками уровня АА	% ошибок уровня А	% ошибок уровня АА
Лекториум	13,3 (33,3)	13,3 (33,3)	13,3 (33,3)	80,0	20,0
Открытое образование	94,3 (100,0)	90,6 (100,0)	3,8 (16,7)	98,5	1,5
Универсариум	94,4 (100,0)	88,9 (100,0)	5,6 (25,0)	97,0	3,0
Coursera	17,0 (100,0)	17,0 (100,0)	17,0 (100,0)	19,4	80,6
Stepik	97,6 (100,0)	97,6 (100,0)	78,0 (100,0)	88,8	11,2

страницах платформы «Stepik». На втором месте по количеству страниц с ошибками находятся «Универсариум» и «Открытое образование», при этом частота встречаемости ошибок низшего уровня на этих платформах выше, чем на «Stepik». Наиболее доступными, согласно автоматической проверке, являются платформы «Лекториум» и «Coursera». Два курса «Лекториум» из трёх вообще не имеют ошибок. На платформе «Coursera» абсолютное количество ошибок низшего уровня в четыре раза меньше, чем на «Лекториуме». В то же время 17,0% страниц с ошибками низшего уровня на «Coursera» означают, что практически пятая часть материала будет недоступна для людей с особыми требованиями к контенту. Анализ показывает, что все страницы с ошибками на «Coursera» соответствуют видеоурокам, то есть наиболее информативным блокам курса.

Обсуждение

Настоящее исследование является первым автоматическим анализом доступности русскоязычных MOOK и второй работой по оценке доступности MOOK по математическим дисциплинам после [15]. Впервые проведена оценка распространённости и доступности MOOK по математическим дисциплинам для направлений подготовки бакалавриата высшего математического и информационно-технологического образования в Российской Федерации.

Результаты анализа свидетельствуют о малочисленности MOOK по математиче-

ским дисциплинам в русскоязычном сегменте Интернета, что подтверждает данные [13]. Многие базовые дисциплины высшего математического образования вообще не охвачены онлайн-обучением («Дифференциальные уравнения», «Дифференциальная геометрия и топология», «Функциональный анализ», «Методы оптимизации», «Комплексный анализ», «Теория функций комплексной переменной», «Теоретическая механика», «Математические модели в механике»). Наиболее популярные тематики курсов: «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дискретная математика» и «Алгебра и геометрия» – в совокупности составляют 73% от всех исследованных MOOK. Прочие базовые дисциплины представлены единичными курсами. Таким образом, дальнейшая разработка математических MOOK является актуальной задачей.

Автоматическое тестирование обнаружило, что контент большинства курсов недоступен для людей с ОВЗ, особенно с нарушением зрения, что согласуется с данными предыдущих исследований. В частности, М. Боунсек и С. Пал [16] показали, что из пяти исследованных ими платформ лишь «EdX» обладает полной доступностью. Анализ испаноязычных платформ [17] выявил серьёзные проблемы с доступностью как платформ, так и контента курсов. Н. Ал-Моух и соавторы [18] провели эвристический экспертный анализ доступности 10 курсов «Coursera», который продемонстрировал, что ни один из курсов не соответствует рекомендациям WCAG 2.0.

Группа авторов [19] путём оценки юзабилити, автоматического тестирования и эвристической оценки онлайн-курсов показала, что платформа для албаноговорящих пользователей «Almoos» недоступна для людей с глубокими нарушениями зрения. В работе [20] методами автоматического тестирования и экспертной эвристической оценки показано, что из восьми исследованных платформ наиболее доступны две («EdX» и «Futurelearn»), остальные имеют серьёзные проблемы доступности. А. Рамирес-Вега и соавторы [15] на основании автоматического и мануального анализа шести курсов по математике, размещённых на платформах «EdX», «Coursera» и «Udacity», сформулировали вывод о низкой доступности MOOK-платформ и контента курсов. В работе [21] установлено, что контент трёх турецких MOOK-платформ не соответствует WCAG 2.0, и зафиксированы серьёзные ограничения доступности для программ экранного доступа. Визуальный анализ отдельных элементов интерфейса на четырёх страницах русскоязычных MOOK показал низкую доступность контента для людей с ОВЗ [22].

В результате настоящего исследования выявлены многочисленные нарушения доступности низшего и среднего уровней на страницах оценённых курсов. Наибольшее количество ошибок относится к низшему уровню и связано с нарушением правила о предоставлении текстовой версии для любого нетекстового контента. Программа экранного доступа – основной инструмент обучающихся с глубокими нарушениями зрения – пропустит такой контент без озвучивания. Отсутствие идентификации языка также является причиной некорректной работы программы экранного доступа, которая не сможет определить, какой язык использовать для воспроизведения.

Наличие понятной и предсказуемой навигации относится к наиболее приоритетным правилам доступности, так как обеспечивает свободное перемещение по материалам курсов. Ошибки навигации, связанные

с неправильной организацией элементов веб-страниц, обнаружены в абсолютном большинстве исследованных MOOK.

Структура и содержимое веб-страницы должны определяться программно, тогда контент может быть представлен и, соответственно, воспринят разными способами в зависимости от возможностей пользователя (аудиально, визуально, тактильно). Для трёх курсов правило адаптивности нарушено, следовательно, свойство мультимодальности контента утрачено.

Доступность веб-форм означает возможность обратной связи, которая необходима, в частности, при ответах на открытые вопросы тестов. Проблема доступа к формам, обнаруженная в половине MOOK, ограничивает выполнение тестов для обучающихся с глубокими нарушениями зрения.

Самой недоступной платформой по результатам автоматической проверки является «Stepik», наиболее доступной – «Лекториум», где два курса из трёх представленных не имеют ошибок. В работах [16; 20] самой доступной платформой названа «EdX», что согласуется с результатами настоящего исследования, так как «Лекториум» использует для MOOK технологическую платформу «OpenEdX». Известно, что «OpenEdX» поддерживает возможность создания и подключения адаптивных расширений [23; 24], что повышает ценность платформы как инструмента для размещения доступных MOOK. Правда, платформа «Открытое образование» также размещена на «OpenEdX», но имеет множество нарушений доступности контента.

Исправление всех обнаруженных ошибок требует минимальных трудозатрат, за исключением подготовки и включения в контент веб-страниц альтернативного текста для изображений. С учётом характера допущенных ошибок можно утверждать, что платформы не были изначально ориентированы на веб-доступность, а разработчики MOOK не ставили перед собой задачу создания доступного контента, не проверяли го-

товые веб-страницы инструментами автоматического тестирования, не привлекали экспертов из числа людей с ОВЗ для бета-тестирования курсов. Результаты исследования свидетельствуют об актуальности обучения авторов онлайн-курсов и веб-разработчиков методам и приёмам создания доступного контента, в том числе по математическим дисциплинам, а также о необходимости организации экспертного контроля онлайн-курсов на предмет доступности содержимого для обучающихся с ОВЗ.

Методические указания к разработке доступных онлайн-курсов по математическим дисциплинам должны быть ориентированы на руководящие принципы World Wide Web Consortium (W3C) WCAG 2.0, рекомендации W3C для создания математического контента MathML⁹ и инструкционные материалы платформ онлайн-образования. Разработка системы экспертного оценивания онлайн-курсов по математическим дисциплинам, в том числе с позиций доступности для людей с ОВЗ, позволит контролировать производство качественных и востребованных МООК, удовлетворяющих ФГОС, принципу универсального дизайна и критериям доступности содержимого.

Заключение

Проведённое исследование имеет ряд ограничений. Анализ проводился для русскоязычных МООК, результаты исследования не могут быть экстраполированы на МООК по математическим дисциплинам на других языках. В оценке не участвовали онлайн-курсы платформы «Интуит», имеющие педагогическую ценность и рекомендованные для применения в учебном процессе, но не удовлетворяющие требованиям МООК.

Результаты проведённого анализа свидетельствуют о слабом охвате онлайн-курсами типа МООК базовых математических дис-

циплин, входящих в учебные планы бакалавриата, и одновременно констатируют низкую доступность веб-контента существующих русскоязычных МООК по математическим дисциплинам для обучающихся с ОВЗ.

Проблемы доступности связаны как с особенностями платформ, на которых размещены курсы, так и с ошибками, допущенными разработчиками при наполнении курсов. Наиболее депривированной является категория обучающихся с глубокими нарушениями зрения.

Полученные результаты подтверждают актуальность обучения веб-разработчиков методам создания доступных МООК, а также свидетельствуют о необходимости экспертного контроля МООК-платформ и курсов на предмет доступности содержимого для обучающихся с особыми потребностями.

Литература / References

1. Policar, L., Crawford T., Alligood, V. (2017). Accessibility Benefits of E-Learning for Students with Disabilities. Available at: <https://www.disabled-world.com/disability/education/postsecondary/e-learning.php>
2. Kent, M. (2015). Disability and eLearning: Opportunities and Barriers. *Disability Studies Quarterly*. Vol. 35, no 1. Available at: <http://dsq-sds.org/article/view/3815/3830>
3. De Waard, I., Gallagher, M.S., Zelezny-Green, R., Czerniewicz, L., Downes, S., Kukulska-Hulme, A., Willems J. (2014). Challenges for Conceptualising EU MOOC for Vulnerable Learner Groups. *Proceedings of the eMOOCs Conference*. Edited by P.A.U. Education (Laussane, Switzerland), pp. 33-42.
4. Курбангалеева Е.Ш., Веретенников Д.Н. Доступность высшего профессионального образования инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) // Психологическая наука и образование, 2017. Т. 22. № 1. С. 169–180. [Kurbangaleeva, E.Sh., Veretennikov, D.N. (2017). Accessibility of Higher Education for Students with Disabilities. *Psichologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*. Vol. 22, no. 1, pp. 169-180. (In Russ., abstract in Eng.)]
5. Iniesto, F., Rodrigo, C. (2016). A Preliminary Study for Developing Accessible MOOC Servic-

⁹ Mathematical Markup Language (MathML) Version 3.0 2nd Edition. URL: <https://www.w3.org/TR/MathML3/>

- es. *Journal of Accessibility and Design for All*. Vol. 6, no. 2, pp. 102-124.
6. Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., Coughlan, T. (2016). Accessibility of MOOCs: Understanding the Provider Perspective. *Journal of Interactive Media in Education*. No. 1, p. 20. Available at: <http://doi.org/10.5334/jime.430>
7. Gay, G., Djafarova, N., Zefi, L. (2017). Teaching Accessibility to the Masses. *Proceedings of the 14th Web for All Conference "The Future of Accessible Work"*. Article No. 15. Available at: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3058555.3058563>
8. Iniesto, F., McAndrew, P., Minocha, S., Coughlan, T. (2017). Auditing the Accessibility of Massive Open Online Courses (MOOCs). In: *14th AAAATE Congress*. Available at: <http://www.aaate2017.eu/>
9. Sanchez-Gordon, S., Lujan-Mora, S. (2016). How Could MOOCs Become Accessible? The Case of edX and the Future of Inclusive Online Learning. *Journal of Universal Computer Science*. Vol. 22, no. 1, pp. 55-81.
10. Accommodations for Learners with Disabilities. Available at: <https://learner.coursera.help/hc/en-us/articles/208280056-Accommodations-for-learners-with-disabilities>
11. Enhance Accessibility Documentation. Available at: <https://open.edx.org/features/enhance-accessibility-documentation>
12. Требования и рекомендации по разработке онлайн-курсов, публикуемых на национальной платформе открытого образования. URL: <http://npod.ru/docs> [*Trebovaniya i rekomendatsii po razrabotke onlayn-kursov, publikuemykh na natsionalnoy platforme otkryitogo obrazovaniya* = Requirements and Recommendations for the Development of Online Courses Published on the National Platform of Open Education]. Available at: <http://npod.ru/docs> (In Russ., abstract in Eng.)
13. Семенова Т.В., Вилкова К.А., Щеглова И.А. Рынок массовых открытых онлайн-курсов: перспективы для России // Вопросы образования. 2018. № 2. С. 173-197. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-2-173-197 [Semenova, T., Vilkova, K., Shcheglova, I. (2018). The MOOC Market: Prospects for Russia. *Voprosyi obrazovaniya* = *Educational Studies Moscow*. No. 2, pp. 173-197. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-2-173-197 (In Russ., abstract in Eng.)]
14. Lowe, T., Mestel, B., Williams, G. (2016). Perceptions of Online Tutorials for Distance Learning in Mathematics and Computing. *Research in Learning Technology*. Vol. 24, article no. 30630. Available at: <http://oro.open.ac.uk/46797/>
15. Ramírez-Vega, A., Iniesto, F., Rodrigo, C. (2017). Raising Awareness of the Accessibility Challenges in Mathematics MOOCs. *TEEM 2017 Proceedings of the 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, ACM, New York, NY, USA. Article no. 92. Available at: <http://oro.open.ac.uk/id/eprint/50954>
16. Bohnsack, M., Puhl, S. (2014). Accessibility of MOOCs. In: Miesenberger, K., Fels, D., Archambault, D., Penaz, P., Zagler, W. (Eds.) (2014). *Proc. 14th International Conference on Computers Helping People with Special Needs, ICCHP 2014*, Paris, France, July 9-11, 2014. Springer International Publishing, pp. 141-144. Available at: <https://www.springer.com/gp/book/9783319085951>
17. Iniesto, F., Rodrigo, C. (2014). Accessibility Assessment of MOOC Platforms in Spanish: UNED COMA, COLMENIA and MiriadaX. In: *Proc. IEEE International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, Logrono, Spain, 12-14 Nov. 2014. Pp. 169-172. DOI:10.1109/siie.2014.7017724
18. Al-Mouh, N., Al-Khalifa, A., Al-Khalifa, H. (2014). A First Look into MOOCs Accessibility: The Case of Coursera. In: Miesenberger K., Fels D., Archambault D., Peñáz P., Zagler W. (Eds). *Computers Helping People with Special Needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 8547. Springer, Cham, pp. 145-152. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08596-8_22
19. Ferati, M., Mripa, N., Bunjaku, R. (2016). Accessibility of MOOCs for Blind People in Developing Non-English Speaking Countries. In: Di Bucchianico G., Kercher P. (Eds). *Advances in Design for Inclusion. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 500. Springer, Cham. Pp. 519-528. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-41962-6_46
20. Martin, J.L., Amado-Salvatierra, H.R., Hilera, J.R. (2016). MOOCs for All: Evaluating the Accessibility of Top MOOC Platforms. *Int. J. Eng. Educ.* Vol. 32, no. 5-B, pp. 2374-2383.
21. Akgül, Y. (2018). Accessibility Evaluation of MOOCs Websites of Turkey. *Journal of Life Economics*. No. 5, pp. 23-36.

22. Шутова А.С. Открытое образование для людей с ограниченными возможностями здоровья: задачи дизайна // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2018. № 1. С. 85–91. [Shutova, A.S. (2018). Open Education for People with Disabled Health Opportunities: Design Objectives. *Akademicheskii vestnik URALNIIPROEKT RAASN = Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN*. No. 1, pp. 85–91. (In Russ., abstract in Eng.)]
23. Sanchez-Gordon, S., Luján-Mora, S. (2015). Adaptive Content Presentation Extension for Open edX. *ACHI 2015: The Eighth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions*. Pp. 2374–2383.
24. Sanchez-Gordon, S., Luján-Mora, S. (2016). How Could MOOCs Become Accessible? The Case of edX and the Future of Inclusive Online Learning. *Journal of Universal Computer Science*. Vol. 22, no. 1, pp. 55–81. DOI: 10.3217/jucs-022-01-0055

Статья поступила в редакцию 26.04.19

После доработки 23.06.19

Принята к публикации 15.07.19

Web Accessibility Analysis of Massive Open Online Courses in Mathematical Disciplines

Ekaterina A. Kosova – Cand. Sci. (Education), Assoc. Prof., e-mail: lynx99@inbox.ru
Milera Yu. Khalilova – Master's degree program (Applied Mathematics), e-mail: milera16@mail.ru
 Taurida Academy of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
 Address: 4, Prospect Vernadskogo, Simferopol, 295007, Russian Federation

Abstract. The paper studies the problem of developing the massive open online courses (MOOCs) that conform to the content accessibility principles for persons with disabilities. Using the browsing of MOOCs platform catalogues, a total of 56 Russian-language free MOOCs in mathematical disciplines hosted on 5 platforms has been received. By automatic testing using Web Accessibility Checker, the accessibility of the functional and informational content of the MOOCs was evaluated. 73% of MOOCs were found to conform to the syllabus subjects “Probability Theory and Mathematical Statistics”, “Discrete Mathematics” and “Algebra and Geometry”; 8 basic disciplines of higher mathematics education are not covered by online education; 96,4% of the courses have accessibility limitations, especially for people with visual impairment. Accessibility problems are related to shortcomings of the platforms and MOOC developers' errors. The results show a weak coverage by MOOCs of the basic mathematical disciplines included in the higher education curriculum in Russia and indicate the low content accessibility of the mathematical MOOCs for students with disabilities. The results of the work imply the need for: expanding the range of MOOCs to cover all basic mathematical disciplines; troubleshooting the accessibility in existing courses (pursuant to WCAG); prescription to platforms and developers to strictly adhere to WCAG in future courses.

Keywords: MOOC, mathematical education, e-learning, distance learning technologies, web content accessibility, persons with disabilities.

Cite as: Kosova, E.A., Khalilova, M.Yu. (2019). Web Accessibility Analysis of Massive Open Online Courses on Mathematical Disciplines. *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. Vol. 28, no. 10, pp. 157–166. (In Russ., abstract in Eng.)

DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-10-157-166>

Received after reworking 23.06.19

Accepted for publication 15.07.19

The paper was submitted 26.04.19