

УДК 004.4

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.29.2.035](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.29.2.035)

Адаптация к вовлеченности пользователя в адаптивной обучающей игре

О.А. Шабалина, А.В. Катаев, А.А. Воронина

*Волгоградский государственный технический университет,
Россия, Волгоград*

Резюме: Вовлеченность пользователя – это один из ключевых показателей качества интерактивного программного обеспечения (ПО), для которого характерно интенсивное взаимодействие пользователя с системой. Обучающее ПО относится к категории продуктов, которые, по определению, основаны на взаимодействии с пользователем, поэтому вовлеченность пользователя в процессе его взаимодействия с обучающей системой напрямую влияет на качество системы. Современные тенденции развития обучающего ПО связаны с персонализацией процессов взаимодействия пользователя с системой, что привело к появлению адаптивных обучающих систем, способных наблюдать за действиями пользователей и приспосабливаться к их возможностям и потребностям. Вовлеченность пользователя оказывает значительное влияние на обучение и напрямую влияет на результат, поэтому уровень вовлеченности пользователя в процессе его взаимодействия с обучающей системой, как опосредованная оценка уровня знаний пользователя, применима в качестве характеристики модели адаптации при разработке адаптивных обучающих систем. Результаты анализа вовлеченности могут быть использованы для адаптации системы, направленной на удержание и повышение вовлеченности пользователя в процессе его взаимодействия с системой, и повышения, таким образом, ее качества. В работе рассмотрены методы оценки вовлеченности и возможности их применения к оценке качества обучающего ПО на разных этапах его жизненного цикла. Показаны особенности применения online-оценки вовлеченности для адаптации процесса обучения к пользователю в адаптивных обучающих играх, связанные с необходимостью различения вовлеченности в игру и вовлеченности в процесс обучения, и корреляции вовлеченности и успешности освоения знаний в игре. Предложены некоторые возможные комбинации оценок вовлеченности и результативности уровня знаний пользователя в процессе взаимодействия с обучающей игрой и их возможные интерпретации.

Ключевые слова: вовлеченность, оценка вовлеченности, качество обучающего ПО, обучающая система, online-оценка вовлеченности, адаптивная обучающая игра.

Для цитирования: Шабалина О.А., Катаев А.В., Воронина А.А.. Адаптация к вовлеченности пользователя в адаптивной обучающей игре. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(2). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/ShabalinaSoavtori_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.035

Adaptation to user engagement in an adaptive learning game

O.A. Shabalina, A.V. Kataev, A.A. Voronina

Volgograd State Technical University, Russia, Volgograd

Abstract: User engagement is one of the key indicators of the quality of interactive software (software), which is characterized by intense user interaction with the system. Training software belongs to the category of products, which, by definition, are based on interaction with the user, so the user's involvement in the process of his interaction with the training system directly affects the quality of the system. Modern trends in the development of educational software are associated with the personification of the processes of user interaction with the system, which has led to the emergence of adaptive educational systems that can monitor user actions and adapt to their capabilities and needs. User involvement has a significant impact on learning and directly affects the result, therefore, the level

of user involvement in the process of its interaction with the training system, as an indirect assessment of the user's knowledge level, is applicable as a characteristic of the adaptation model in the development of adaptive learning systems. The results of the engagement analysis can be used to adapt the system aimed at retaining and increasing user engagement in the process of its interaction with the system, and thus improve its quality. The paper considers methods for assessing involvement and the possibility of their application to assessing the quality of educational software at different stages of its life cycle. The features of the use of online-assessment of engagement to adapt the learning process to the user in adaptive learning games are shown, related to the need to distinguish between involvement in the game and involvement in the learning process, and correlation of involvement and success in mastering knowledge in the game. Some possible combinations of assessments of the involvement and effectiveness of the user's knowledge level in the process of interaction with the educational game and their possible interpretations are proposed.

Keywords: engagement, engagement assessment, educational software quality, learning system, engagement online- assessment, adaptive learning game.

For citation: Shabalina O.A., Kataev A.V., Voronina A.A. Adaptation to user engagement in an adaptive learning game. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(2). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/05/ShabalinaSoavtori_2_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.29.2.035 (In Russ).

Введение

Одним из наиболее динамично развивающихся видов программного обеспечения (ПО) являются обучающие системы. Востребованность различных обучающих приложений в условиях развития электронного и дистанционного обучения, внедрения системы непрерывного образования, повышения квалификации, переквалификации, и дигитализации образовательной сферы в целом, постоянно возрастает [1].

Современные тенденции развития обучающего ПО связаны с персонификацией процессов взаимодействия пользователя с системой, что привело к появлению нового класса обучающих систем - адаптивных обучающих систем [2]. Под адаптивной системой принято понимать систему, способную наблюдать за действиями пользователей и приспосабливаться к их возможностям и потребностям. Задача поиска адаптивных программных решений является особенно актуальной для обучающих систем, так как от этого напрямую зависит качество результатов обучения, и, соответственно, качество самой системы.

Современные подходы к разработке адаптивных обучающих систем основаны на выделении трех составляющих: модель предметной области, модель обучаемого и модель адаптации. В модели обучаемого хранятся некоторые его характеристики, которые учитываются при адаптации. В качестве характеристик обучаемого используются текущие знания обучаемого, цели обучения, стиль обучения, интересы, предыдущий опыт и т.д.

Адаптация к текущим знаниям пользователя обучающей системы является наиболее широко распространённой моделью адаптации, т.к. она основана на аналогии с традиционными педагогическими подходами к организации персонифицированного процесса обучения (цикл: изложение блока обучающих материалов, проверка и оценка уровня знаний, модификация способа и/или порядка изложения обучающих материалов, их уровня сложности и т.д. в зависимости от результатов оценки уровня знаний). В качестве исходных данных в этой модели используются оценки текущего уровня знаний пользователя, получаемые системой в результате тестирования пользователя, решения им каких-либо задач или выполнения других видов деятельности в процессе взаимодействия с системой, результаты которой оцениваются на какой-либо приведенной к количественной шкале. Методы адаптации процесса обучения, использующие эту

модель, основаны на интерпретации оценок в контексте организации дальнейшего освоения соответствующей области знаний.

Оценка результатов процесса обучения, осуществляемая обучаемыми в рамках традиционного педагогического подхода, как правило, включает в себя не только прямую оценку знаний обучаемого, но и неявную оценку процесса их овладения обучаемым: его прилежание, объем и качество работы, причем отнесенное именно к этому обучаемому, его упорство в достижении цели. Учет характеристик самого процесса обучения может существенно повысить уровень адаптации обучающей системы, но высокая степень субъективности оценок таких характеристик и отсутствие общепринятых механизмов и шкал их оценки в современной образовательной системе существенно ограничивают их применение в адаптивных обучающих системах.

Одной из ключевых характеристик процесса обучения является вовлеченность обучаемого (*engagement*), под которой понимается как процесс взаимодействия пользователя с приложением [3], так и наличие связи (эмоциональной, когнитивной или поведенческой) между пользователем и ресурсом во процессе их взаимодействия [4]. Исследования показывают, что вовлеченность пользователя оказывает значительное влияние на обучение и напрямую влияет на результат [5,6,7], поэтому уровень вовлеченности пользователя в процессе его взаимодействия с обучающей системой, как опосредованная оценка уровня знаний пользователя, применима в качестве характеристики модели адаптации при разработке адаптивных обучающих систем. Результаты анализа вовлеченности могут быть использованы для адаптации системы, направленной на удержание и повышение вовлеченности пользователя в процессе его взаимодействия с системой.

Методы оценки вовлеченности пользователей

Методы, применяемые для оценки вовлеченности пользователей программных систем, различаются наборами данных, которые используются для анализа вовлеченности, способами сбора этих данных и их интерпретациями в контексте оценки вовлеченности. Для оценки вовлеченности используют информацию о том, насколько пользователь был вовлечен в процесс взаимодействия с приложением, получаемую непосредственно от пользователя (самоотчетность, *self-reporting*), результаты онлайн-наблюдений за действиями пользователя (Веб-аналитика), наблюдений за внешними проявлениями поведения пользователя в процессе его взаимодействия с приложением (физиологический подход, *physiological approach*), данные нейрофизиологических сигналов, получаемых от соответствующих датчиков, устанавливаемых на теле пользователя (нейрофизиологический подход, *neuro-physiological approach*) [8].

Для оценки вовлеченности на основе информации, получаемой от пользователя [9], применяются дискретный метод, пространственный метод или метод свободного ответа. Веб-аналитика, используемая для оценки вовлеченности, основана на анализе данных, собираемые за один или несколько сеансов использования приложения. Для оценки вовлеченности на основе наблюдения за поведением пользователя применяются методы анализа выражения лица (анализ эмоций), анализа речи и анализа движения глаз (*eye tracking*). Нейрофизиологический подход использует для оценки вовлеченности данные дыхательных и сердечно-сосудистых ускорениях и замедлениях, мышечных спазмах и других сигналов, получаемых от соответствующих датчиков, устанавливаемых на теле пользователя [10, 11, 12].

Большое количество исследований посвящено анализу связей вовлеченности с эмоциями. В ряде работ показано [13,14,15], что эмоциональные состояния человека

связаны с его когнитивной деятельностью поэтому эмоции играют важную роль в обучении и могут сильно влиять на результаты обучения.

Вовлеченность пользователя как критерий качества обучающей системы

Вовлеченность пользователей – это один из ключевых показателей качества интерактивного ПО, для которого характерно интенсивное взаимодействие пользователя с системой. Обучающее ПО относится к категории продуктов, которые, по определению, основаны на взаимодействии с пользователем, поэтому вовлеченность пользователя в процессе его взаимодействия с обучающей системой напрямую влияет на качество системы. Для управления качеством обучающей системы разработчику необходимо оценивать вовлеченность на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) системы.

Оценка вовлеченности на этапе разработки обучающей системы (априорная оценка вовлеченности) может быть полезна разработчику, так как на этом этапе он может улучшить те или иные аспекты системы, чтобы повысить вовлеченность потенциальных пользователей (Рисунок 1).

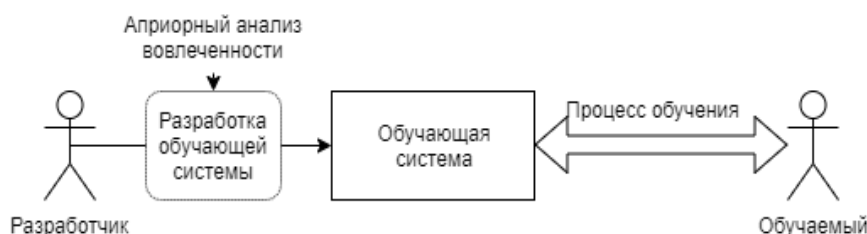


Рисунок 1 – Априорная оценка вовлеченности на этапе разработки обучающей системы
 Figure 1 – A priori assessment of engagement at the stage of developing a training system

Вовлеченность пользователей можно оценивать также и для уже разработанных обучающих систем (апостериорная оценка), и результаты такой оценки могут быть учтены при разработке новых версий приложений (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Апостериорная оценка вовлеченности для разработки новой версии системы
 Figure 2 – A posteriori assessment of engagement to develop a new version of the system

Соответственно, с точки зрения оценки качества ПО методы оценки вовлеченности могут быть разделены на априорные и апостериорные методы. Классификация методов оценки вовлеченности по соответствующим признакам, предложенная в [16], приведена на Рисунке 3.

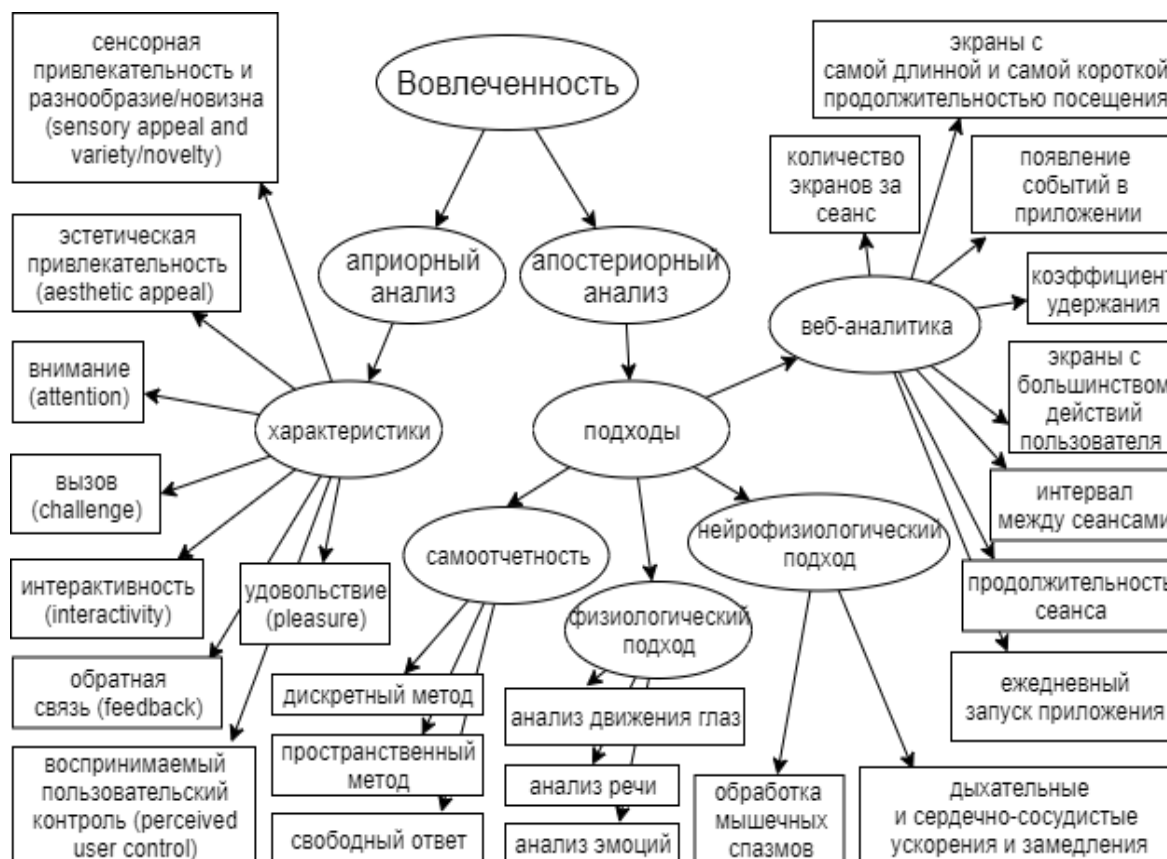


Рисунок 3 – Классификация методов оценки вовлеченности
 Figure 3 – Classification of methods for assessing engagement

В последнее время появились исследования, посвящённые анализу возможности применения результатов оценки вовлеченности при разработке адаптивных обучающих систем. Так, в [17] отмечено, что анализ поведения пользователя в процессе взаимодействия с обучающей системой в реальном времени, представляет собой «более чистую» оценку вовлеченности пользователя по сравнению с субъективными самооценками, и показано, что вовлеченность положительно коррелируется с результатами обучения. Таким образом, результаты анализа вовлеченности могут быть использованы для адаптации обучающей системы, направленной на удержание и повышение вовлеченности пользователя, и, как следствие, для повышения качества самой системы с точки зрения эффективности процесса обучения в системе (Рисунок4).



Рисунок 4 – Online-оценка вовлеченности в адаптивной обучающей системе
 Figure 4 – Online assessment of engagement in an adaptive learning system

Online-оценка вовлеченности в адаптивных обучающих играх

Особенно привлекательной выглядит возможность online-адаптации к вовлеченности в обучающих компьютерных играх, так как сама по себе интеграция в игровой процесс обучающей компоненты может приводить к снижению вовлеченности пользователя в игровой процесс и снижению качества обучающей игры в целом.

Для разработки адаптивных обучающих игр, способных подстраивать процесс обучения к пользователю таким образом, чтобы удерживать при этом его вовлеченность, необходима разработка онлайн-методов оценки вовлеченности и способов адаптации игрового процесса к вовлеченности, приводящих к повышению эффективности обучения в игре. Однако при этом, в отличие от адаптивных обучающих систем, при разработке адаптивных обучающих игр возникают проблемы различения вовлеченности в игру и вовлеченности в процесс обучения, и необходимости корреляции вовлеченности и успешности освоения знаний в игре. Решение этой проблемы требует проведения исследований влияния вовлеченности в игровой процесс на результаты процесса обучения.

Некоторые возможные комбинации оценок вовлеченности и результативности процесса освоения знаний пользователем в процессе взаимодействия с обучающей игрой и их возможные интерпретации показаны в Таблице 1.

Таблица 1 – Комбинации оценок вовлеченности и результативности процесса освоения знаний пользователем и их возможные интерпретации

Table 1 – Combinations of assessments of the engagement and effectiveness of the process of mastering user knowledge and their possible interpretations

Уровень вовлеченности \ Результативность освоения знаний	В целом сохраняется высокий или растет	В целом сохраняется низкий или снижается
В целом сохраняется высокий или растет	Привлекательная игровая и обучающая компонента, высокое качество обучающей игры	Игровая компонента привлекательна, процесс обучения игнорируется (не привлекает, не интересен или сложен)
В целом сохраняется низкий или снижается	Игровая компонента не привлекает, но процесс обучения привлекает или пользователь достаточно мотивирован обучиться	Обучающая либо игровая компонента вызывает негативный опыт и отталкивает пользователя

Для более детальной интерпретации необходимо рассмотреть расширенный набор возможных комбинаций уровней вовлеченности и результативности (например, в целом низкий, в целом средний, в целом высокий) и их динамику (сохраняется, растет, снижается). Для этого необходимо реализовать онлайн механизмы оценки вовлеченности и результатов обучения в обучающей игре, провести эксперименты и проанализировать корреляции полученных данных.

Заключение

В работе рассмотрены методы оценки вовлеченности пользователей обучающих приложений и приведена их классификация по признаку применимости для оценки качества обучающих систем на разных этапах их жизненного цикла. Предложен способ

применения методов оценки вовлеченности для адаптации обучающих компьютерных игр к уровню знаний для повышения эффективности процесса обучения в игре. Обозначены проблемы разработки таких игр, связанные с необходимостью различения вовлеченности в игру и вовлеченности в процесс обучения, и корреляции вовлеченности и успешности освоения знаний в игре. Приведены возможные варианты интерпретации динамики уровня вовлеченности в контексте процесса обучения в обучающей игре. Сформулированы задачи дальнейшей работы, связанные с исследованием влияния вовлеченности в игру на результаты обучения.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-01308а

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабалина О.А., Катаев А.В., Давтян А.Г. Фасетная классификация обучающих компьютерных игр. *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2018;13(223):95-100.
2. Шабалина О.А., Давтян А.Г., Катаев А.В., Алимов А.А. Адаптивные обучающие игры как тренд развития обучающего ПО. *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. 2018;4(8):11-16.
3. Engagement: Definition Доступно по: <https://support.google.com/analytics/answer/9355853?hl=en> (дата обращения: 16.11.2019)
4. Attfield S., Kazai G., Lalmas M., Piwowarski B. Towards a science of user engagement (Position Paper). *Web Search and Data Mining*. 2011.
5. Csikszentmihalyi M. Flow: The psychology of optimal experience. *Harper and Row*. 1990.
6. Webster J., Ho H. Audience engagement with multimedia presentations. *The DATABASE for Advances in Information Systems*. 1997:63–77. DOI: 10.1145/264701.264706.
7. The Best Metrics and Tools for Measuring User Engagement Доступно по: <https://hackernoon.com/the-best-metrics-and-tools-for-measuring-user-engagement-fb083d9a9be7> (дата обращения: 16.11.2019).
8. Murphy D., Higgins C. Secondary Inputs for Measuring User Engagement in Immersive VR Education Environments. 2019:1-6.
9. Russell J. A., Weiss A., Mendelsohn G. A. Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal Personality and Social Psychology*. 1988:493– 502. DOI: 10.1037/0022-3514.57.3.493.
10. Boucsein W. Electrodermal activity. New York: Springer. 2012.
11. Hardy M., Wiebe E.N., Grafsgaard J.F., Boyer K.E., Lester J.C. Physiological responses to events during training use of skin conductance to inform future adaptive learning systems. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2013:2101–2105. DOI: 10.1177/1541931213571468.
12. Ashby F. G., Isen A. M., Turken A. U. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*. 1999;106(3):529-550. DOI: 10.1037/0033-295x.106.3.529.
13. Lalmas M., O'Brien H., Yom-Tov E. Measuring User Engagement. *Synthesis lectures on information concepts, retrieval, and services*. 2015:11-58.
14. Grafsgaard J. F., Boyer K. E., Wiebe E. N., Lester J. C. Analyzing Posture and Affect in Task-Oriented Tutoring. *Artificial Intelligence. Proceedings of the 25th Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*. 2012:438-443.

15. Pekrun R., Goetz T., Titz W., Perry R. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*. 2002;37(2):91–105. DOI: 10.1207/s15326985ep3702_4.
16. Воронина А.А., Шабалина О.А., Катаев А.В. Методы оценки вовлеченности пользователей интерактивных приложений. *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. 2019;4 (14):70-74.
17. Rebelo F., Noriega P., Duarte E., Soares M. Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*. 2012;54(6):964-982. DOI: 10.1177/0018720812465006.

REFERENCES

1. Shabalina O.A., Kataev A.V., Davtjan A.G. Fasetnaja klassifikacii obuchajushhhikh komp'juternyh igr. *Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. 2018;13(223):95-100.
2. Shabalina O.A., Davtjan A.G., Kataev A.V., Alimov A.A. Adaptivnye obuchajushhie igry kak trend razvitija obuchajushhego po. *ITNOU: Informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii*. 2018;4(8):11-16.
3. Engagement: Definition Доступно по: <https://support.google.com/analytics/answer/9355853?hl=en> (дата обращения: 16.11.2019).
4. Attfield S., Kazai G., Lalmas M., Piwowarski B. Towards a science of user engagement (Position Paper). *Web Search and Data Mining*. 2011.
5. Csikszentmihalyi M. Flow: The psychology of optimal experience. *Harper and Row*. 1990.
6. Webster J., Ho H. Audience engagement with multimedia presentations. *The DATABASE for Advances in Information Systems*. 1997:63–77. DOI: 10.1145/264701.264706.
7. The Best Metrics and Tools for Measuring User Engagement Доступно по: <https://hackernoon.com/the-best-metrics-and-tools-for-measuring-user-engagement-fb083d9a9be7> (дата обращения: 16.11.2019).
8. Murphy D., Higgins C. Secondary Inputs for Measuring User Engagement in Immersive VR Education Environments. 2019:1-6.
9. Russell J. A., Weiss A., Mendelsohn G. A. Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal Personality and Social Psychology*. 1988:493– 502. DOI: 10.1037/0022-3514.57.3.493.
10. Boucsein W. Electrodermal activity. New York: Springer. 2012.
11. Hardy M., Wiebe E.N., Grafsgaard J.F., Boyer K.E., Lester J.C. Physiological responses to events during training use of skin conductance to inform future adaptive learning systems. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2013:2101–2105. DOI: 10.1177/1541931213571468.
12. Ashby F. G., Isen A. M., Turken A. U. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*. 1999;106(3):529-550. DOI: 10.1037/0033-295x.106.3.529.
13. Lalmas M., O'Brien H., Yom-Tov E. Measuring User Engagement. *Synthesis lectures on information concepts, retrieval, and services*. 2015:11-58.
14. Grafsgaard J. F., Boyer K. E., Wiebe E. N., Lester J. C. Analyzing Posture and Affect in Task-Oriented Tutoring. *Artificial Intelligence. Proceedings of the 25th Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*. 2012:438-443.
15. Pekrun R., Goetz T., Titz W., Perry R. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*. 2002;37(2):91–105. DOI: 10.1207/s15326985ep3702_4.

16. Voronina A.A., Shabalina O.A., Kataev A.V. Metody ocenki вовлеченности pol'zovatelej interaktivnyh prilozhenij. *ITNOU: Informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii*. 2019;4 (14):70-74 (In Russ).
17. Rebelo F., Noriega P., Duarte E., Soares M. Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*. 2012;54(6):964-982. DOI: 10.1177/0018720812465006.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Шабалина Ольга Аркадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация.

e-mail: o.a.shabalina@gmail.com

Катаев Александр Вадимович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация.

e-mail: alexander.kataev@gmail.com

Воронина Ангелина Андреевна, магистрант кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация.

e-mail: angelina.vaa@gmail.com

Olga A. Shabalina, PhD, associated professor at Computer-Aided Design Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation.

Alexander V. Kataev, PhD, associated professor at Computer-Aided Design Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation.

Angelina A. Voronina, Master student, Computer-Aided Design Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation.