

УДК 622.81:004.946

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ТРУДА ГОРНОРАБОЧИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ GOOGLE VRЮрий А. Степанов^{1, @1}, Леонид Н. Бурмин^{1, 2, @2}¹ Новокузнецкий филиал (институт) Кемеровского государственного университета, Россия, 654041, г. Новокузнецк, ул. Циолковского, 23² ООО «Сиберин.про», Россия, 630090, г. Новосибирск, ул. Инженерная, д. 5/9@¹ dambo290@yandex.ru@² Lnburmin@mail.ru

Поступила в редакцию 08.11.2017. Принята к печати 01.12.2017.

Ключевые слова: промышленная безопасность, геоинформационные системы, виртуальная реальность, маршруты эвакуации, пространственно-атрибутивные данные, модель горных выработок.

Аннотация: Рассмотрены вопросы применения технологии дополненной реальности для проведения инструктажа, обучения и проверки знаний у горнорабочих по технике безопасности. В случае изменения геомеханической ситуации и появления угрозы возникновения аварийной ситуации такая технология позволяет изучать маршруты эвакуации рабочих, не опускаясь в шахту. Реализованное программное обеспечение интегрируется в состав существующих ГИС, что позволяет создавать полноценные промышленные информационные системы. Отмечены достоинства и недостатки традиционных способов обеспечения безопасности относительно современных и перспективных технологий минимизации уровня риска. Описано использование возможностей применения технологии виртуальной реальности. Приведены результаты сравнительного анализа существующих технологий виртуальной реальности. Изложена реализация технологии с использованием инструментария разработки Google VR для трехмерной среды Unity3D. Приведен пример эксплуатации разработанной системы. Отдельно описан каждый режим работы информационной системы, предоставляющий возможности инструктажа, обучения и контроля процессов при ведении очистных работ для обеспечения необходимого уровня безопасности.

Для цитирования: Степанов Ю. А., Бурмин Л. Н. Обеспечение охраны труда горнорабочих с использованием технологии Google VR // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 3. С. 60–64. DOI:10.21603/2542-2448-2017-3-60-64.

Использование ГИС в различных предметных областях в последние годы является актуальной проблемой. Анализ существующих в горной отрасли информационных систем показал, что их проблемная ориентация определяется номенклатурой таких задач, как анализ и оценка запасов полезных ископаемых, проектирование горных выработок, мониторинг складирования и грузопотоков, планирование горных работ и др.

В настоящее время первостепенную актуальность приобрел вопрос безопасной работы угольных предприятий, который требует компьютерного прогнозирования изменяющегося состояния углепородного массива при ведении очистных работ. Данный прогноз приобретает новое качество при использовании геоинформационных систем (ГИС). Такие системы позволяют обрабатывать массивы пространственно-координированной информации, поддерживать базы данных для широкого класса географических объектов, отображать и обрабатывать пространственные особенности геомеханических ситуаций, осуществлять диалоговый режим работы пользователя, быструю настройку системы на решение разного рода задач (оценка состояния ресурса, геомеханическое картографирование, принятие управленческих решений).

Совершенствование системы мониторинга должно идти по пути развития геоинформационных технологий с использованием математического обеспечения на базе

прогнозных, оптимизационных и оперативных моделей. Неоценимую помощь в быстром, правильном и научно-обоснованном принятии решений по предотвращению аварийной и чрезвычайной ситуаций в очистных забоях могут оказать разработки компьютерных программ и алгоритмов, учитывающих все разнообразие горногеологических условий по длине выемочного столба, что позволяет получать более достоверные данные.

Вместе с тем существующая практика использования ГИС ограничена картографическими функциями, тогда как информационно-аналитические системы более перспективны на основе геоинформационных технологий.

Геоинформационные технологии являются эффективным инструментом для создания системы прогнозирования чрезвычайных ситуаций и управления ликвидацией их последствий. Геоинформационная система, ориентированная на обеспечение техногенной безопасности, должна представлять собой комплексное программное средство, включающее картографические и атрибутивные базы данных, модели для прогнозирования аварийных ситуаций, их последствий, сценарии реагирования и т. п. Функции ГИС должны включать оценку последствий и индивидуальных рисков в случае аварий на опасных объектах. Результаты имитационного моделирования должны отображаться на тематических картах ведения горных работ в виде анимированных изолиний, что позволяет

прогнозировать очаги возникновения повышенного горного давления и проводить мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций.

Однако для горнодобывающего производства эти задачи имеют ряд особенностей, которые не учитываются в существующих информационно-аналитических системах. К примеру, если аварийная ситуация всё же произошла, то отсутствуют средства пересмотра плана ликвидации аварии с изменением маршрутов эвакуации горнорабочих на основе прогнозных пространственно-атрибутивных баз данных, отсутствие электронного календаря проведения инструктажей различных уровней и др.

Основными нормативными документами по обеспечению безопасности ведения горных работ являются «Правила безопасности при ведении горных работ» и «Инструкция по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах» [1]. Но при ведении горных работ в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях периодически происходит накопление и перераспределение потенциальной энергии упругих деформаций угольного пласта и вмещающих пород, что не учитывается при составлении плана ликвидации аварий. Изменение напряженно-деформированного состояния углепородного массива может приводить к возникновению в окрестностях очистного или проходческого забоя опасных зон с повышенным горным давлением и, далее, к развитию аварийных ситуаций [2].

Существующая правовая база, представленная нормативными документами, регламентирует необходимость в обязательном порядке доводить до каждого горнорабочего сведения о маршруте эвакуации [3]. В отношении этих правовых аспектов, на горных предприятиях традиционно действует практика, согласно которой каждый горнорабочий обязан физически пройти по маршруту в угольной шахте, после чего поставить свою подпись в документе, подтверждая факт ознакомления с маршрутом эвакуации персонала.

У такой технологии существует ряд недостатков:

1. При изменении геомеханической ситуации в процессе ведения горных работ каждый горнорабочий должен повторить процедуру физического прохождения по новому маршруту эвакуации.

2. При проведении инструктажа в угольной шахте может возникнуть аварийная ситуация. В этом случае сотрудник вынужден самостоятельно принимать решения не имея достаточных сведений о необходимых действиях.

3. Отсутствует возможность многократной проверки знаний у горнорабочего. Это означает, что освежить свои знания перед спуском в шахту он может только посредством повторного ознакомления с планом ликвидации аварии.

4. Скорость прохождения горных выработок во время инструктажа соответствует обычной скорости передвижения человека. Нет возможности «ускориться» или наоборот, «замедлиться» для лучшего запоминания некоторых участков пути.

Одним из направлений, при решении данной задачи, является применение компьютерных геоинформационных систем, позволяющие обеспечить сотрудников угольной шахты необходимыми сведениями [4]. Для определения надежного безопасного маршрута эвакуации горнорабочих необходимо учитывать как можно больший набор пространственно-атрибутивных данных, влияющих на

оценку риска передвижения по горным выработкам, таких как скорость передвижения людей по аварийной выработке, наличие свежей вентиляционной струи, аэрогазовые условия и уровень напряжения в кровле горных пород и т. п. [5]. При изменении технологии выемки полезных ископаемых, схемы вентиляции, вводе новых и закрытии отработанных участков некоторые пространственно-атрибутивные данные могут изменяться, в связи с чем возникает необходимость в поддержке актуальных данных о геомеханическом состоянии горных пород с использованием горных геоинформационных систем.

Геоинформационные технологии, входящие в состав горнотехнических систем, служат идеальным инструментом для моделирования геомеханических процессов протекающие в окрестности выемочного участка [6]. Периодически обновляются базы данных различными показателями напряженно-деформированного состояния углепородного массива, позволяют объективно оценивать ситуацию и прогнозировать ход развития нежелательных процессов для принятия своевременных управленческих решений.

В связи с этим необходима технология, позволяющая осуществлять моделирование системы горных выработок с возможностью виртуального перемещения по контрольным эвакуационным маршрутам. Для решения этой задачи многими исследователями [7] применялись технологии, основанные на принципах виртуальной реальности с реализацией на основе программно-аппаратного комплекса Oculus Rift в сочетании с высокодиагональными кластерами экранов, позволяющими отображать информацию для большого числа наблюдателей.

Данный подход был весьма успешно апробирован многими угольными предприятиями, однако в силу высокой стоимости и специфических особенностей оборудования, данный подход не смог прижиться в современных условиях угольного производства. Кроме высокой стоимости специализированных технических средств для подключения системы Oculus требуется высокопроизводительный компьютер [8], который зачастую обходится дороже стоимости комплекта Oculus Rift.

В качестве альтернативного способа разработки предлагается использование виртуальной реальности на базе бесплатной технологии Google VR [9]. Общая сумма финансовых затрат на реализацию информационной системы оказалась на порядок меньше при сравнении с реализацией на базе технологии Oculus Rift. Фактически, для полноценной работы требуется только смартфон на базе операционной системы Android, оборудованный датчиком гироскопа и любые очки виртуальной реальности.

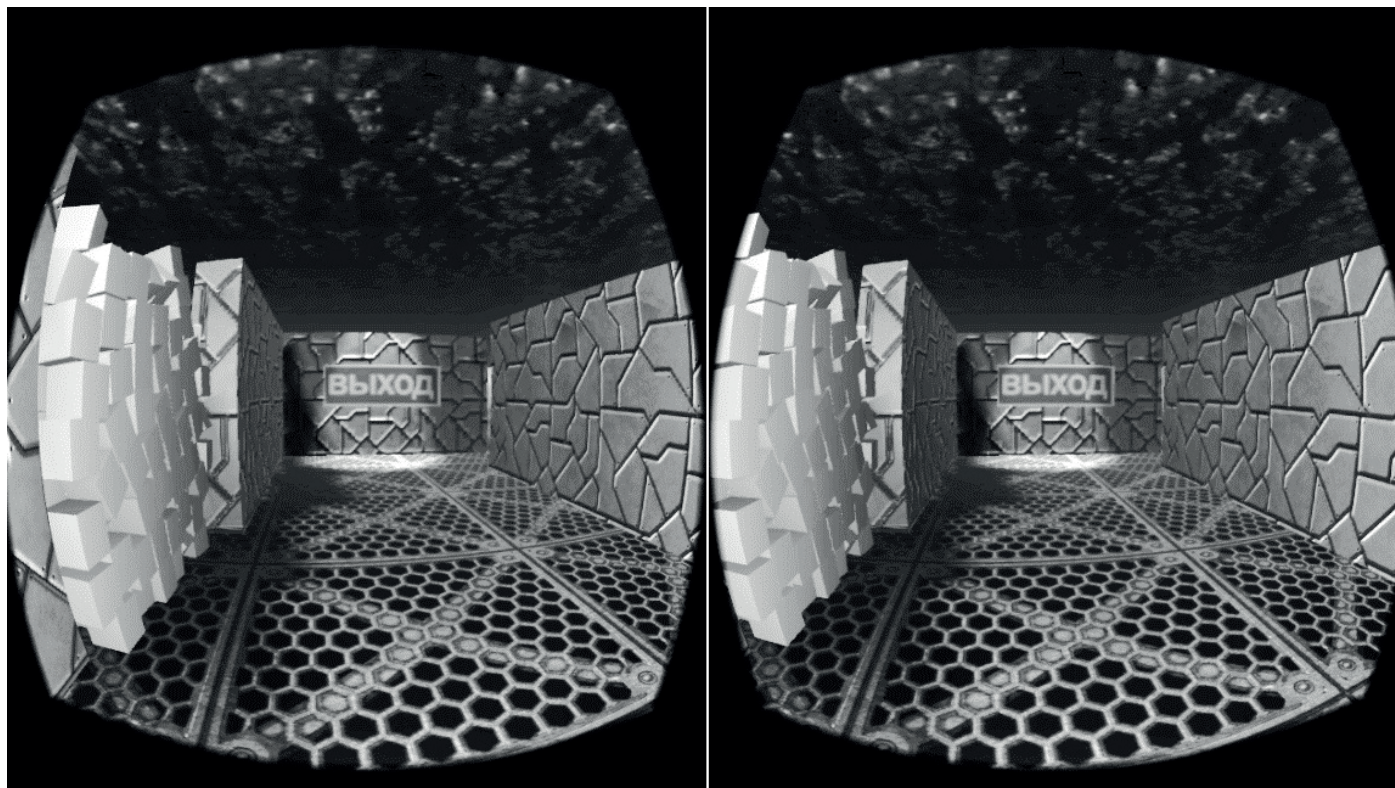
Для реализации информационной системы были использованы средства разработки Unity 3D [10] для программирования виртуальной сцены, алгоритмов передвижения и взаимодействия с окружающей средой, а также система трехмерного моделирования Blender для построения объемных изображений.

На основе сведений о пространственном расположении горных выработок была смоделирована геометрическая модель горных выработок в виде трехмерного компьютерного изображения. Затем на сцену был внедрен модуль библиотеки GoogleVR, позволяющий преобразовывать изображение со стандартных видеокамер на сцене Unity 3D в изображение, пригодное для работы с очками вирту-

альной реальности. Пример визуализации подземной части шахты представлен на рисунке.

Во всех способах управления действиями, направление передвижения горнорабочего определяется направлением

взгляда – эта реализация обеспечивается библиотеками Google VR. В то время как сведения о начале или остановке перемещения требовали написания сценариев поведения.



*Рис. Вид части шахты для очков виртуальной реальности
Fig. A partial view of a mine through virtual reality goggles*

Рассмотренные технологии дополненной реальности были положены в разработку информационной системы, позволяющей проводить инструктаж горнорабочих при выработке маршрутов эвакуации на угольном предприятии. В системе было реализовано три режима:

1. Инструктаж. В этом режиме пользователь видит зеленую полосу, визуализирующую корректный маршрут передвижения по маршруту эвакуации.

2. Обучение. В этом режиме зеленая полоса появляется через 15 секунд после остановки передвижения пользователя по виртуальной шахте.

3. Контроль. В этом режиме отсутствует возможность подсказки. Более того, на экран выводится таймер, фиксирующий время выхода на поверхность.

Для первых двух режимов реализована возможность изменения скорости передвижения, что позволяет ускорить или замедлить процедуру инструктирования для повышения индивидуальной эффективности. В виду отсутствия необходимости в особенном помещении и

дорогостоящем специализированном оборудовании, подобный инструктаж может проводиться перед каждой сменой и выполняться за небольшой промежуток времени без физической нагрузки на горнорабочего.

В дальнейшем планируется разработка сетевой версии виртуального инструктирования на базе сетевой платформы Photon для интерактивного взаимодействия пользователей. Возможно расширение информационной системы путем создания веб-интерфейса для фиксирования сведений о каждом пользователе, касательно времени прохождения и количестве проведенных сессий инструктажа. Для этого планируется создание электронной версии журнала для контроля состояния информированности горнорабочих об актуальном плане маршрутов эвакуации из шахты. Такой журнал может быть как автономным программным обеспечением, так и входить отдельным модулем в состав производственной геоинформационной системы, адаптированной для данного горного предприятия.

Литература

1. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по составлению планов ликвидации аварий на угольных шахтах» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.11.2016 № 44481). Приказ Ростехнадзора от 31.10.2016 № 451 (ред. от 08.08.2017). Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208102/ (дата обращения: 15.05.2017).

2. Степанов Ю. А. Компьютерное моделирование в задаче обеспечения безопасности ведения горных работ // Вестник Научного центра по безопасности работ в горной промышленности. 2016. № 1. С. 67–72.

3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Приказ Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599.

4. Степанов Ю. А., Бурмин Л. Н. Моделирование маршрутов спасения работников при возникновении чрезвычайной геомеханической ситуации // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 8. С. 26–33.

5. Угольная база России. Т. 2: Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский и Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: Геоинформцентр, 2003. 604 с.

6. Анциферов А. В., Глухов А. А., Омельченко А. А. Географические информационные системы (ГИС) в автоматизации технологических процессов в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2001. № 3 С. 101–103.

7. Центр виртуальной реальности в Санкт-Петербургском Университете ГПС МЧС России // Ve Group. 2015 (декабрь). Режим доступа: <http://ve-group.ru/portfolio/tsentr-virtualnoy-realnosti-v-sankt-peterburgskom-universitete-gps-mchs-rossii/#prettyPhoto> (дата обращения: 15.05.2017).

8. VR Tech Pros. Режим доступа: <https://support.oculus.com/1633938460220125/> (дата обращения: 15.05.2017).

9. Google VR. Режим доступа: <https://vr.google.com/> (дата обращения: 15.05.2017).

10. VR overview // Unity Documentation. 01.02.2017. Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/Manual/VROverview.html> (дата обращения: 15.05.2017).

SECURITY OF MINING WORKERS WITH GOOGLE VR

Yury A. Stepanov^{1, @1}, Leonid N. Burmin^{1, 2, @2}

¹ Kemerovo State University (Novokuznetsk branch), 23, Tsiolkovsky St., Novokuznetsk, Russia, 654041

² Siberian.pro, 5/9, Inzhenernaya St., Novosibirsk, Russia, 630090

@1 dambo290@yandex.ru

@2 Lnburmin@mail.ru

Received 08.11.2017. Accepted 01.12.2017.

Keywords: industrial safety, geoinformation systems, virtual reality, evacuation routes, spatially attributive data, model of mine workings.

Abstract: The current paper features the issue of the augmented reality technology application for instructing, training and knowledge testing of coalminers on safety precautions. In case of a change in the geomechanical situation or an emergency situation, this technology allows one to study the evacuation routes of mine workers, without going down the mine. The implemented software is integrated into the existing Geographic Information System (GIS), which makes it possible to create full-fledged industrial information systems. The paper mentions the advantages and disadvantages of traditional ways of providing security with the help of modern and advanced technologies aimed at risk minimization. It also describes the possibilities of using virtual reality technology and presents the results of a comparative analysis of existing virtual reality technologies. The article also features the implementation of the technology using the Google VR tools for the three-dimensional Unity3D environment and provides an example of its operation. Each mode of operation of the information system is described separately, providing guidance, training and control of processes to ensure the necessary safety level.

For citation: Stepanov Yu. A., Burmin L. N. Obespechenie okhrany truda gornorabochikh s ispol'zovaniem tekhnologii Google VR [Security of Mining Workers with Google VR]. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Biological, Engineering and Earth Sciences*, no. 3 (2017):60–64. DOI:10.21603/2542-2448-2017-3-60-64.

References

1. *Ob utverzhdenii Federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Instruktsiia po sostavleniiu planov likvidatsii avarii na ugol'nykh shakhtakh» (Zaregistrirvano v Miniuste Rossii 29.11.2016 No. 44481)* [About the approval of Federal norms and rules of industrial safety «The instruction for drawing up plans of accident elimination on coal mines» (It is registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation No. 44481) dated 11.29.2016]. Order of Rostekhnadzor No. 451 dated 10.31.2016 (Wording dated). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208102/ (accessed 15.05.2017).

2. Stepanov Yu. A. Komp'yuternoe modelirovanie v zadache obespecheniia bezopasnosti vedeniia gornykh rabot [Computer modeling in a problem of safety of conducting mining operations]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v gornoj promyshlennosti = Bulletin of Research Center for Safety in Coal Industry (Industrial Safety)*, no. 1 (2016): 67–72.

3. *Ob utverzhdenii federal'nykh norm i pravil v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopaemykh»* [About the approval of Federal norms and rules of industrial

safety of «Safety rule at conducting mining operations and processing of solid minerals»). Order of Rostekhnadzor No. 599 dated 11.12.2013.

4. Stepanov Iu. A., Burmin L. N. Modelirovanie marshrutov spaseniia rabotnikov pri vozniknovenii chrezvychainoi geomekhanicheskoi situatsii [Modeling of routes of rescue of workers at emergence of an emergency geomechanical situation]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*, no. 8 (2016): 26–33.

5. *Ugol'naiia baza Rossii. T. 2: Ugol'nye basseiny i mestorozhdeniia Zapadnoi Sibiri (Kuznetskii, Gorlovskii i Zapadno-Sibirskii basseiny; mestorozhdeniia Altaiskogo kraia i Respubliki Altai)* [Coal base of Russia. Vol. 2: Coal basins and fields of Western Siberia (Kuznetsk, Horlivka and West Siberian basins; fields of Altai Krai and Altai Republic)]. Moscow: Geoinformtsentr, 2003, 604.

6. Antsiferov A. V., Glukhov A. A., Omel'chenko A. A. Geograficheskie informatsionnye sistemy (GIS) v avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov v gornoi promyshlennosti [The Geographic Information Systems (GIS) in automation of technological processes in mining industry]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten' = Mining Informational and Analytical Bulletin*, no. 3 (2001): 101–103.

7. *Tsentr virtual'noi real'nosti v Sankt-Peterburgskom Universitete GPS MChS Rossii* [The center of virtual reality at the GPS Emercom of Russia St. Petersburg University]. 2015 (December). Available at: <http://ve-group.ru/portfolio/tsentr-virtualnoy-realnosti-v-sankt-peterburgskom-universitete-gps-mchs-rossii/#prettyPhoto> (accessed 15.05.2017).

8. *VR Tech Pros*. Available at: <https://support.oculus.com/1633938460220125/> (accessed 15.05.2017).

9. *Google VR*. Available at: <https://vr.google.com/> (accessed 15.05.2017).

10. VR overview. *Unity Documentation*, 01.02.2017. Available at: <https://docs.unity3d.com/Manual/VROverview.html> (accessed 15.05.2017).