

УДК 614.82

DOI: 10.46548/21vek-2020-0952-0036

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИНСТРУКТАЖЕЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ-ДЕФЕКТОСКОПИСТОВ,
ЗАНЯТЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА
ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

©2020

Крекова Ирина Сергеевна, аспирантка кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология»

Тверской государственный технический университет

(170023, г. Тверь, ул. Маршала Конева, 12, e-mail: inlin46@rambler.ru)

Аннотация. На предприятиях повышенной опасности происходят различные инциденты и аварии, к примеру, в нефтяной отрасли ежегодно происходит в среднем около 20 тыс. аварий, финансовые потери в год составляют в денежном выражении - до 500 млрд руб. Человеческий фактор, а именно он в 80% случаев становится причиной происшествий, только в одной отрасли обошелся стране в почти равную образовательным тратам сумму. Для сокращения вероятности возникновения аварийных ситуаций, крупные компании, в том числе, транснациональные структуры стали внедрять в свои рабочие процессы дополненную реальность. Реализация экспертизы промышленной безопасности на опасных производственных объектах с применением технологий ритуальной реальности возложена на инженера-дефектоскописта – специалиста, который занимается выявлением дефектов, механических повреждений и брака на производстве. Технология виртуальной реальности (virtual reality, VR) – это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств (шлемов виртуальной реальности). В данной работе рассмотрены вопросы применения технологии виртуальной и дополненной реальности для проведения инструктажа, обучения и проверки знаний для инженеров-дефектоскопистов. В частности, представлен инструктаж дефектоскопистов при формировании маршрутов эвакуации (проведения контроля) на производстве при обнаружении критического дефекта, угрожающего здоровью и жизни окружающих. В работе приведена оценка целесообразности и сложности разработки VR-решений для реализации инструктажа экспертными организациями. В заключении представлены возможные направления использования VR-технологии на предприятиях повышенной опасности в России и за рубежом.

Ключевые слова: Инженер-дефектоскопист, инструктаж, промышленная безопасность, экспертиза промышленной безопасности, опасное производство, компьютерные технологии, VR-технологии, симуляция.

**METHODOLOGY FOR BRIEFING FOR FLAW DETECTORS ENGINEERS INVOLVED IN
INDUSTRIAL SAFETY EXPERTISE AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES**

©2020

Krekova Irina Sergeevna, ph.D. student of the Department «Life Safety and ecology»

Tver state technical University

(170023, Tver, st. Marshal Konev, 12, e-mail: inlin46@rambler.ru)

Annotation. At high-risk enterprises, various incidents and accidents occur, for example, in the oil industry, an average of about 20 thousand accidents occur annually, financial losses per year amount to up to 500 billion rubles in monetary terms. the Human factor, namely, it causes accidents in 80% of cases, has cost the country almost equal to educational expenses in just one industry. To reduce the probability of accidents, large companies, including multinational structures, have started to implement augmented reality in their work processes. The implementation of industrial safety expertise at hazardous production facilities with the use of ritual reality technologies is entrusted to the flaw detection engineer-a specialist who is engaged in detecting defects, mechanical damage and defects in production. Virtual reality (VR) technology is a complex technology that allows you to immerse a person in an immersive virtual world using specialized devices (virtual reality helmets). This paper discusses the use of virtual and augmented reality technology for instructing, training, and testing knowledge for flaw detection engineers. In particular, it provides instruction to flaw detectors in the formation of evacuation routes (control) at the production site when a critical defect is detected that threatens the health and life of others. The paper provides an assessment of the feasibility and complexity of developing VR solutions for the implementation of instruction by expert organizations. In conclusion, possible directions of using VR technology at high-risk enterprises in Russia and abroad are presented.

Keywords: Flaw detector engineer, briefing, industrial safety, industrial safety expertise, hazardous production, computer technology, VR technology, simulation.

Введение. Чаще всего инженер-дефектоскопист привлекается в работах на опасных производственных объектах, там, где дефекты могут привести к значительным затратам, угрожают жизни и здоровью персонала и населения, таким образом экспертизы промышленной безопасности становится наиболее

важной составляющей контроля на таких производствах, что и актуализирует тему статьи. Проблематика проведения инструктажей дополнительно актуализирует тему и тем, что очень сложно разработать нормативы для полевых условий, ввиду того, что порой сложно смоделировать все возможные дефекты на

крупных производствах с разветвленной системой оборудования. Кроме того, важно правильно спроецировать информацию на полевые условия, что для объемных и масштабных работ сделать умозрительно, без иллюстраций достаточно сложно.

Новые VR-технологии могут помочь с этим, погрузив специалиста инженера-дефектоскописта в условия полевой среды, где он может трехмерно изучать (в отличие от обычной иллюстрации на бумаге) объект с наличием дефектов, взаимодействовать с ним, а также при должной разработанной программе корректировать дефекты, получается своего рода обучающий симулятор для данной должности. Наблюдается что подобные решения активно воспринимаются специалистами в сравнении со скучными бумажными предписаниями в инструкции [15, с.17].

Материалы, методы и результаты исследования. Для начала разберемся, в чем же заключаются функции должности инженера-дефектоскописта. Чаще всего в его должностные обязанности включается знание видов дефектов и методов работы с ними, проведение работ по неразрушающему контролю и диагностике продукции, устройств в организации, он дает заключения о качестве контролируемых объектов и измерительных приборов, отвечает за сохранение эталонов, оценивает то, насколько то или иное подразделение нуждается в измерительных средствах.

На практике дефектоскопист – это специалист по неразрушающему контролю. В обязанности дефектоскописта включается диагностика объектов, а также их частей (узлов) на предмет обнаружения разных дефектов. Профессия дефектоскописта крайне ответственная, многопрофильная, сложная. Специалист неразрушающего контроля обязан уверенно действовать с дорогостоящим и сложным оборудованием, располагать широкими техническими знаниями, понимать стандарты, нормы дефектоскопистов, регламенты и разного рода техническую документацию [3, с.66].

Как понятно из описано выше и во введении - часто дефектоскопист работает на опасных производственных объектах, осуществляя экспертизу промышленной безопасности. Рассмотрим, какие при этом особенности накладываются на проведение инструктажа.

Письмом Роструда от 29.01.2013 N ТЗ/92-3-5 "О необходимости прохождения лицами, эксплуатирующими и обслуживающими технические устройства, предназначенные для применения на опасных производственных объектах, соответствующего обучения, инструктажа по безопасности, стажировки, проверки знаний и получения документов установленного образца для целей их допуска к указанной работе" регулирует этот процесс [2].

Следует отметить, что предписания этого документа очень обобщенные им не хватает конкретики, распишем как указанные предписания на практике реализуются в инструкциях на опасных производственных объектах для осуществления экспертизы промышленной безопасности. Безусловно, всё описанное

выше очень сильно уточняется и конкретизируется для конкретных видов объектов опасных производств и для конкретных предприятий.

Рассмотрим, какая может быть конкретика для инженеров-дефектоскопистов пусть даже без углубления в конкретную сферу промышленности, рассмотрим для этого реальные существующие инструкции (опустим тривиальные для инструкций части).

Если дефектоскопист должен выполнять задачи, которые имеют отношение к строповке и управлению грузоподъемными механизмами, то ему необходимо иметь удостоверение на право выполнения соответствующих работ [9, с.84].

При работе на дефектоскописта могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти сквозь тело работника; электромагнитные излучения постоянных полей и полей промышленной частоты; повышенный уровень шума и ультразвука; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; физическое перенапряжение [8 с.147].

По требованиям Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ от 9 декабря 2014 г. № 997н дефектоскописта необходимо обеспечить средствами индивидуальной защиты, в состав которых входят хлопчатобумажный костюм с маслoneфтезащитной пропиткой; юфтевые ботинки на маслобензостойкой подошве; резиновый фартук; многослойные рукавицы; хлопчатобумажные, диэлектрические и резиновые перчатки; прорезиненные нарукавники; диэлектрические галоши. Данный список может варьироваться [1].

Дефектоскописту воспрещено оставлять без наблюдения дефектоскоп подключенным к электросети; работать во время болезни, а также в состоянии алкогольного опьянения; применять переносные осветительные приборы без предохранительных сеток, а также в состоянии неисправности и с неизолированными проводами; работать под поднятым грузом; работать без средств индивидуальной.

Перед началом работы специалист должен осмотреть диэлектрические перчатки, галоши, резиновые диэлектрические ковры на предмет механических повреждений. Также следует убедиться, что на диэлектрических перчатках и галошах стоит штамп проверки.

Дефектоскописту следует убедиться в наличии и работоспособности инструментов, в состав которых входят лупа, переносная лампа 36 В, шабер, рулетка и линейка из металла, металлическая щетка или скребок, шлифовальная шкурка, зеркало, расходные и обтирочные материалы, мелки или краски, а также необходимо проверить наличие нужных приборов и контрольных образцов.

Специалистам при работе с дефектоскопом нельзя трогать токоведущие части и электропневматический

привод, а также движущиеся и вращающиеся части оборудования.

Если дефектоскопа перемещают на другое место, нельзя протягивать и волочить провода по полу.

Перед дефектоскопированием все детали подлежат мойке и очистке от загрязнений, краски и ржавчины до базового металла. Специалист обязан делать это в защитных очках.

При работе с дефектоскопом следует применять переносные электрические осветительные приборы мощностью не более 36 В. Необходимо следить за тем, чтобы не было натяжения сетевого и соединительного проводов.

После окончания работы дефектоскоп следует отсоединить от сети. Переносной прибор также необходимо отсоединять от распределительного щита, чтобы провода не оставались под напряжением. Нельзя оставлять без присмотра специалистов подключенное к сети устройство.

Как видим, прописанный инструктаж тривиален, для его проведения не нужна особая методика. В то же время всё упирается в более глубокую конкретизацию для каждой отрасли. И там уже входит в предписания инструкции информация о том как проверять тот или иной материал, устройства, механизмы, трубы, вплоть до конкретных наименований работающих машин с указанием последовательности проведения действий, правильности реакции на те или иные параметры [20, с.28].

Описанные выше универсальные предписания для дефектоскописта тоже можно включить в обучение с помощью VR-технологий (если специалист включил не тот параметр питания или не проверил прибор будет отображаться ошибка), но более детальные локальные для производства требования будут более эффективно раскрывать потенциал VR-технологий [6, с.336].

Но опишем коротко, что собой представляют в целом VR-технологии (англ. *virtual reality*), т.е. мир, созданный с помощью высоких технологий, который транслируется человеку с помощью его органов чувств. Объекты этого мира, как правило, ведут себя сходно к поведению подобных объектов настоящей реальности [7, с. 88]. Чаще всего это возможность с помощью манипуляторов на руках взаимодействовать с объектом на объемной картинке, отслеживание перемещения человека в пространстве с синхронным перемещением картинки в виртуальном пространстве, то есть в отличие от средств мыши и клавиатуры, механизм повторяет наше повседневное общение с миром (дублируя настоящее изображение нарисованным) [10, с. 204]. Часто VR-технологии реализуются через VR-шлемы, VR-очки и дополняются манипуляторами на руках (рис.1) [18].

Конечно, наиболее продвинутые решения не очень дешевы, стоимость представленного на рисунке 1 комплекта более 100 тыс. рублей, но есть и модели, которые дешевле в несколько раз (рис. 2), вероятно их функционал будет достаточен для не требовательного

и размеренного изображения, механики в инструкции дефектоскописта.



Рисунок 1 – VR-комплект от Valve Index



Рисунок 2 – Шлем виртуальной реальности Oculus Go VR

Некоторые люди считают, что технологии этого типа используются только в качестве развлечения, когда пользователей «погружают» на дно океана или отправляют на космический корабль. Но с каждым годом спектр использования подобных инструментов распространяется и на прочие области. К примеру, промышленные компании России уже видят в VR новые возможности для обучения экспертов, проектирования копаний и ремонта уже имеющихся производственных площадок [5, с.56].

Ввиду того, что без знания конкретного места применения VR-технологий достаточно проблематично разработать точную методику проведения инструктажа – опишем его основные возможности, то, как мы можем совместить VR-технологии и работу дефектоскописта в опасных условиях.

Всё лишь упирается в бюджет, есть на рынке решения от «Делойт Диджитал» и «TapeIntoSafety» до локальных разработок, которые в данном случае и нужно, реализация конечно будет не дешевой, но для крупных мировых корпораций может быть приемлемой, либо может пригодиться повсеместно для особо опасных предприятий, где ошибка недопустима и её следует избегать любой ценой (например, атомная сфера).

Консалтинговая компания KPMG в рамках изучения проекта «Цифровые технологии на отечественных предприятиях», изданного в январе 2019 года и включившего больше 100 самых российских компаний, раскрыла восемь самых востребованных решений. На последнем месте оказались VR/AR-технологии — их применяют 21% респондентов. Обычно с ними работают в IT-секторе (40%), металлургической (33%) и нефтегазовой промышленности (25%), а также в телекоммуникационной отрасли (25%).

Как видим наше направление исследования очень

подходит под перечисленные отрасли, например, опасные производства могут быть как в металлургии, так и в нефтегазовой отрасли [19].

При проектировании тренировочных систем следует принимать во внимание то, какие технологии технически готовы к их применению и то, как они могут быть использованы в учебном процессе [14, с. 492]. Для чего неукоснительно нужен полноразмерный макет или даже настоящий образец, нужно представлять, что может быть выучено на тренажере с использованием *AR* и *VR*, для чего хватит простого айпада. Предпочтение технологии – это часть процесса проектирования тренировочных систем. А *VR* – это просто еще один инструмент в копилке разработчиков [4, с.85].

Опишем потенциальные решения. Более всего удобно реализовать следующую возможность *VR*-технологий, которые можно положить в основу разработки информационных систем, что даст возможность инструктировать специалистов при создании путей для эвакуации (проведении контроля) на производстве при обнаружении критической неисправности, которая представляет угрозу для окружающих людей [13, с. 492]. Система работает в трех режимах:

1. Инструктаж. Специалист видит зеленые указатели, изображающие корректный маршрут для эвакуации (проведения контроля);

2. Обучение. Зеленые указатели возникают через четверть минуты после того, как дефектоскопист остановился при передвижении по коридору, комнате или территории предприятия.

3. Контроль. Подсказки отсутствуют. Также включается таймер, который отмечает время, необходимое, чтобы выйти на безопасный участок либо принять верное решение [9, с.30].

Для режимов «Инструктаж» и «Обучение» необходимо реализовать возможность изменять скорость перемещения. Такая опция повышает индивидуальную эффективность благодаря ускорению или замедлению темпа. Поскольку для осуществления инструктажа с использованием *VR*-технологий не нужно специальное помещение, подобную процедуру можно проводить перед началом каждой смены и выполнять ее за непродолжительное время при отсутствии физического напряжения, что является несомненным плюсом [11, с.62].

Второй пример. Так как для дефектоскописта важна точность работы, принимаются во внимание и тактильные ощущения. Самой любопытной тут представляет *MR*-решение от *Rockwell Collins*, именованное как *Coalescence*. Такая структура представляет собой, потенциально возможной для реалистичной передачи тактильного чувства при инструктаже в виртуальной реальности. Эта смешанная структура применяет по-особому усовершенствованное настоящее оборудование и снаряжение, помимо привычных в таких условиях перчаток или одежды с вибромоторами, для произведения тактильных ощущений.

На рисунке 3 представлены потенциальные возможности дополненной реальности в будущем.



Рисунок 3 – Потенциальные возможности дополненной реальности [16, 17]

Для инструктажа дефектоскописта может быть полезно преобразование опыта, описанного в работе «Обеспечение охраны труда горнорабочих с использованием технологии *GOOGLE VR*» авторов Степанов Ю. А. и Бурмин Л. Н. [11].

При учете данных о том, как расположены горные выработки, была создана их трехмерная математическая модель. Затем в нее был включен модуль *GoogleVR*, который позволяет конвертировать данные с видеокамер на сцене *Unity 3D* в изображение, пригодное для практики с *VR*-очками. Пример визуального представления подземной части шахты можно увидеть на рисунке 4.

При применении всех вариантов управления действиями вектор перемещения рабочего определяется направлением взгляда – подобная реализация осуществляется хранилищами *Google VR*, а данные о начале или остановке передвижения запрашивали написание специальных сценариев поведения.

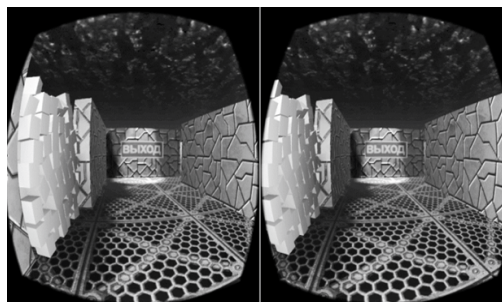


Рисунок 4 – Вид части шахты для *VR*-очков [10]

Еще одной проблемой для инструктирования дефектоскописта представляются кабели и масса шлема или очков. Все эти предметы должны быть беспроводными, чтобы ничего не ограничивало движения пользователя и не путалось. Логично предположить, что избыточная масса инструментов для обучения может превратиться в существенный недостаток, поскольку из-за сильного перенапряжения шейного отдела позвоночника время использования таких комплектов может быть довольно ограниченным.

Заключение. Нельзя сказать, что VR-технологии для дефектоскопистов в опасных условиях труда это нечто абсолютно новое, скорее данные разработки не очень освещаются, так как их сложно универсализировать.

Например, обнаружено, что Московский нефтеперерабатывающий завод внедрил AR-систему по контролю и обеспечению отслеживания дефектов для сети газоизмерительных приборов, датчиков, расположенных по большой территории в труднодоступных местах, но спрашивающих систематического обследования и проверки. Это предоставило значимую экономию времени и разрешило дополнительно автоматизировать процесс.

Компания *Simtars* в Австралии выпустила вводный учебный курс для снабжения безопасности труда персонала в шахтах. За счет виртуальной симуляции опасных обстоятельств стажеры устанавливают уровень угрозы и учатся использовать методы её контроля и ликвидации, не выходя за территорию учебного класса.

Стартап *Aira* вместе с тем разработала нейросетового помощника, различающего и проговаривающего всё, что попадает в камеру очков, и живого сотрудника компании, что поможет не растеряться по той же камере в экстренной ситуации при контроле.

Представленные в данной статье решения очень обтекаемы, они базируются на инструктаже дефектоскописта, на проведении работ по контролю с помощью технологий, включающих передачу информации о дефектах через тактильные ощущения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 9 декабря 2014 г. № 997н «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» (Зарегистрировано в Минюсте России 26.02.2015 N 36213).
2. Письмо Роструда от 29.01.2013 N ТЗ/92-3-5 Вопрос: О необходимости прохождения лицами, эксплуатирующими и обслуживающими технические устройства, предназначенные для применения на опасных производственных объектах, соответствующего обучения, инструктажа по безопасности, стажировки, проверки знаний и получения документов установленного образца для целей их допуска к указанной работе.
3. Бехер, С. А. Основы неразрушающего контроля методом акустической эмиссии : учеб. пособие / С. А. Бехер, А. Л. Бобров. – Новосибирск : Изд-во СГУПСа, 2013. – 145 с.

4. Буянов А. С., Бершадская Е. Г. Средства создания виртуальных реальностей // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 85–95.
5. Ерохин С.В. Технологии виртуальной реальности как инструмент повышения эффективности решений в системе образования // Ценности и смыслы. 2012. №2 (18). С.50–63.
6. Зеленко Л.С., Топунов А.В., Загуменнов Д.А. Интерактивная интеллектуальная обучающая система, построенная на основе технологии виртуальных миров, как средство активизации учебно-познавательной деятельности учащихся. // Материалы XVII Всероссийской научно-методической конференции Телематика 2010. СПб., 2010. С. 335–336.
7. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // СРРМ. 2018. №3 (108). С. 88-107.
8. Крекова И.С. Анализ причин возникновения профессиональных заболеваний у дефектоскопистов неразрушающего контроля [Текст] // Вестник ТвГУ. Серия: Науки об обществе и гуманитарные науки, 2017, № 1. - С. 146 - 150;
9. Мотулевич А.В. Проблемы экологической безопасности предприятий тепловой энергетики // Строительные материалы и изделия. 2019. Том 2. №5. С. 13 – 18.
10. Соснило А.И., Устюжанина М.Д. Технологии виртуальной и дополненной реальности как факторы государственной экономической политики и роста конкурентоспособности бизнеса // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2019. №2. С. 204-212.
11. Степанов Ю. А., Бурмин Л. Н. Моделирование маршрутов спасения работников при возникновении чрезвычайной геомеханической ситуации // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 8. С. 26–33.
12. 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 (3). С.60–64.
13. Хубаев А. О., Саакян С. С. Повышение эффективности возведения монолитных конструкций с применением технологии виртуальной и дополненной реальности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №12. С. 492-495.
14. Чуланов А.О., Бондарь Е.М., Радченко В.М., Федоров Н.А., Лещина А.Е. Применение систем виртуальной реальности при подготовке персонала к борьбе за живучесть // Программные продукты системы. 2015. №4. С.34-38
15. Chalmers A.G., Howard D., Moir C. Real Virtuality: A Step Change from Virtual Reality // Proc. Spring Conference on Computer Graphics SCCG'09. ACM SIGGRAPH Press, 2009. Pp. 15–22.
16. Gergana M. How Augmented Reality Is Transforming the Construction Industry = Геграна Милева Как дополненная реальность трансформирует строительную отрасль [Электронный ресурс] // Gergana Mileva. Prague, CZ [Электронный ресурс] URL: <https://arpost.co/2019/05/08/how-augmented-reality-is-transforming-the-construction-industry/>
17. Kaiser R., Schatsky D. (2017) For more companies, new ways of seeing. Momentum is building for augmented and virtual reality in the enterprise // Deloitte University Press. URL:<https://www2.deloitte.com>
18. Home M. W. Virtual reality at the British Museum: What is the value of virtual reality environments for learning by children and young people, schools, and families?. – 2016.
19. Luhmann T. et al. Close range photogrammetry: principles, techniques and applications. – Whittles, 2006.
20. Zyda M. From visual simulation to virtual reality to games // Computer. – 2005. – Т. 38. – №. 9. – С. 25–32.

Статья поступила в редакцию 27.07.2020

Статья принята к публикации 14.09.2020