

**«Подключенный персонал» от Honeywell – качественно новый уровень защиты, подготовки и поддержки полевого персонала предприятий****Р.А. Владов, В.М. Дозорцев, Д. Ставракас, Р.А. Шайдуллин (АО «Хоневелл»)**

Предлагается подход к обеспечению защиты, подготовки и поддержки полевого персонала промышленных предприятий, основанный на использовании инновационных решений корпорации Honeywell – облачной платформы Movilizer для автоматизации работы мобильных полевых работников, интеллектуальных носимых устройств для работы в режиме hands free, средств виртуальной и дополненной реальности для эффективного обучения персонала обслуживанию технологического оборудования и КИПиА. Описывается функциональность предлагаемых решений; приводятся примеры практического использования предлагаемого подхода.

Ключевые слова: полевой персонал, интеллектуальные носимые устройства, работа в режиме hands free, облачные решения для мобильного персонала, капитализация знаний опытных работников, виртуальная и дополненная реальность.

Введение

Технологии Industry 4.0 стремительно меняют ландшафт промышленной автоматизации. Эти изменения сравнимы с переменами в рамках предыдущей третьей промышленной революции: с появлением РСУ в начале 70-х годов XX века, с введением практического стандарта Wintel¹, с внедрением инновационных высокотехнологичных решений (высокоточное моделирование и усовершенствованное управление ТП, оперативное управление производством, оптимизационное и календарное планирование и пр.) [1, 2].

Наряду с революционными переменами в управлении технологическими процессами и производством [3] значительное место в ожидающих нас нововведениях Четвертой промышленной революции отводится так называемому полевому персоналу — операторам, обходчикам, специалистам, обслуживающим технологическое оборудование и приборы КИПиА по месту. Industrial Internet of Things и облачные технологии способны преобразить работу этой категории персонала до неузнаваемости. Роль полевых работников в управлении ТП, на первый взгляд, второстепенна, но такое впечатление обманчиво. От полевого персонала зависит очень многое, с инженерно-психологических позиций его работа достаточно трудна [4], принципиально отличается от работы консольных операторов РСУ [5], а возможный урон от некачественного управления по месту вполне сравним с последствиями ошибок, совершаемых в операторной и диспетчерской [6].

В прошлом, а в значительной степени и сейчас, сотрудник в «поле» похож на космонавта, выходящего в открытый космос. Он наведывается на «базу», но прямая дистанционная связь с полем осуществляется только по рации (возможно, в последние годы — и по мобильному телефону, хотя на отечественных

предприятиях с этим имеются сложности, прежде всего, в части требований промышленной безопасности. Как и у космонавтов, сегодняшняя работа полевых специалистов достаточно некомфортна и небезопасна, неся потенциальную угрозу жизни и здоровью людей, а также серьезные риски производственным активам, качеству производимой продукции, общей экономике производства (непредвиденные остановки, простои, снижение эффективности).

В этих условиях вполне оправдана мотивация работодателей минимизировать данный тип работы на своем производстве. Добавим сюда негативные демографические тренды (старение рабочей силы, выход работников на пенсию), снижение интереса к профессии (поколенческий сдвиг — новая рабочая сила тяготеет к новым приемам работы), разрушение системы подготовки производственного персонала, особые условия работы; все это обостряет и без того сложную проблему поля. Экономически обоснованные требования интенсификации производства диктуют необходимость сокращения времени обучения, улучшения показателей приобретения и сохранения знаний, повышения эффективности взаимодействия всех участников профессиональной деятельности, сокращения потерь производственного времени, повышения качества выполнения работ. В то же время сегодня работа полевого и консольного персонала разобщена, а доступ полевых работников к экспертизе лучших профессионалов существенно ограничен. При этом из-за отсутствия технических средств возможность проконтролировать работу в поле и помочь ее выполнению «с берега» практически отсутствует, если не брать в расчет инспекции на местах и разбор полетов «постфактум».

Ответ на эти вызовы от корпорации Honeywell — концепция подключенного персонала (решение Skills Performance), призванная:

¹ Wintel — повсеместно распространенная связка: ПК на базе x86-совместимой микроархитектуры от Intel и ОС семейства MS Windows.



Рис. 1. Носимый комплект безопасности полевого работника от Honeywell

- защитить работников в потенциально опасной полевой рабочей среде;
- обеспечить эффективную дистанционную поддержку работы полевого персонала со стороны высококвалифицированных экспертов, что приведет к снижению среднего времени ремонта, повышению доступности персонала и сокращению затрат на сверхурочную работу;
- повысить качество исполнения рабочих заданий (обходов и нарядов на обслуживание оборудования) и, как следствие, увеличить среднее время наработки на отказ;
- объединить информационное пространство конского и полевого персонала;
- обеспечить приобретение и сохранение устойчивых навыков работы;
- предоставить персоналу обучение «по требованию» без отрыва от производства;
- повысить производительность и результативность полевого персонала;
- сократить затраты времени на вспомогательные работы;

- снизить число потенциально опасных ситуаций;
- сохранить опыт высококвалифицированных специалистов, покидающих работу.

В Skills Performance заложен принцип, согласно которому в будущем все коммуникационные и вспомогательные функции полевого персонала будут осуществляться в режиме hands free (свободные руки), что обеспечит качественное повышение эффективности и безопасности труда работников.

В статье представлены основные функциональные возможности предлагаемого решения, которые могут использоваться совместно или по отдельности в зависимости от содержания решаемых пользователями задач и наличествующих рабочих условий.

Носимый комплект безопасности

Носимый комплект безопасности служит для дистанционного оповещения о непредвиденных ситуациях с полевым производственным персоналом. Оповещения поступают в систему управления ТП и могут использоваться как оперативным персоналом предприятия, так и специалистами службы промышленной безопасности, охраны труда и другими вовлеченными работниками. В комплект входит следующее оборудование (рис. 1):

- Wi-Fi spot — локальная точка раздачи Internet (вшивается в карман спецовки);
- GPS трекер (приемник/передатчик, GPS-антенна, аккумуляторная батарея, встроенная память);
- гарнитура голосового управления;
- персональный газоанализатор разработки Honeywell;
- тревожная кнопка;
- элементы системы BioHarness (переносной биологический регистратор данных и телеметрическая система контроля, анализа и регистрации физиологических параметров), в частности, датчик сердечного

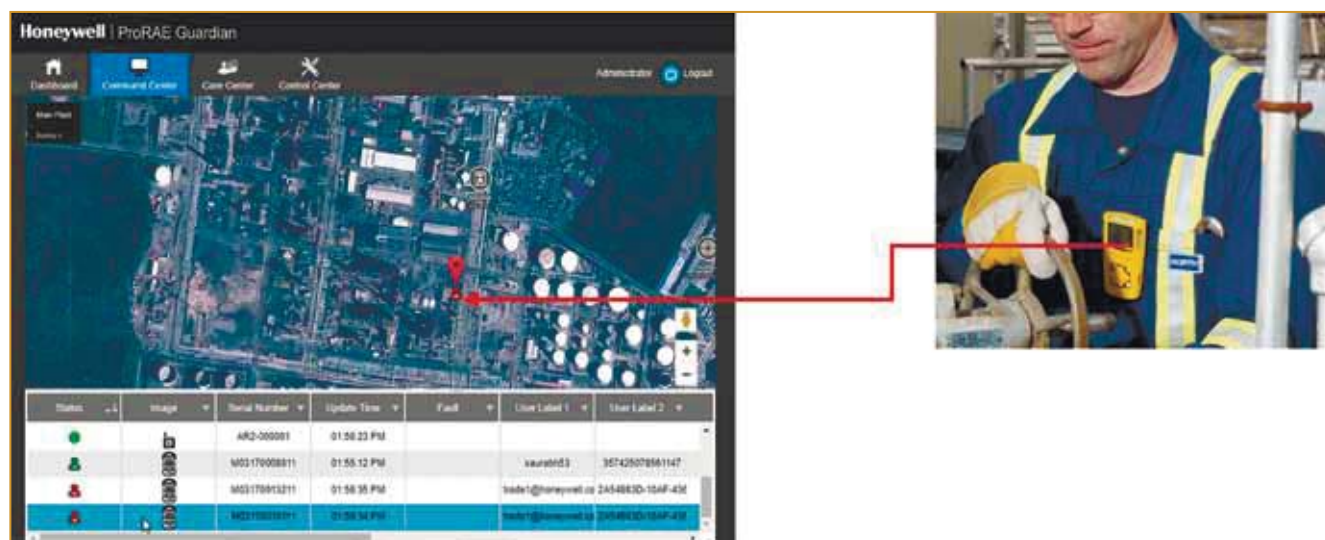


Рис. 2. Передача аварийных сигналов и угроз на консоль PCY (Honeywell Experion Orion)



Рис. 3. Интеллектуальное носимое устройство для полевого персонала от Honeywell

ритма, позволяющий оценить физиологический статус работника;

- детектор уровня шума и наушники для подавления шума;
- рюкзак спасателя;
- периферийные устройства, такие как QR сканер штрих-кода, пирометр, виброшуп, подключаемые по Bluetooth.

Носимый комплект обеспечивает автоматическую передачу аварийных сигналов на операторскую консоль РСУ (рис. 2). В результате в случае возникновения происшествия или несчастного случая, когда персонал должен покинуть опасную зону, обеспечиваются быстрое и скоординированное реагирование на чрезвычайную ситуацию и эвакуация персонала. Решение позволяет сократить время поиска работающих в одиночку сотрудников и отправки спасателей в аварийных ситуациях, что помогает спасти жизни, снизить затраты на страхование, обеспечить достижение целей в области промышленной безопасности и охраны труда. Носимый комплект также оснащает полевого работника инструментами связи с базой, необходимыми для осуществления функций управления и поддержки персонала, описываемых далее.

С учетом предназначения данного комплекта все его составляющие имеют промышленное исполнение и соответствуют требованиям искробезопасности, работы в расширенном температурном диапазоне, устойчивости к ударам и другим внешним воздействиям.

Интеллектуальное носимое устройство

Интеллектуальное носимое устройство (ИНУ) представляет собой компьютер, совмещенный со стандартными защитными шлемами, каскетками и защитными очками (рис. 3). Устройство снабжено полнофункциональной ОС Android 6.0, 16-мегапиксельной камерой для получения снимков высокого разрешения и видеосвязи в реальном времени, четырьмя цифровыми микрофонами с активным шумоподавлением, дисплеем с угловым размером, аналогичным по восприятию 7-дюймовому планшету на расстоянии вытянутой руки. Дисплей обеспечивает хорошую видимость при работе под открытым небом и даже при ярком солнечном свете, что дает

ИНУ серьезное преимущество перед промышленными планшетами и смартфонами, экраны которых могут быть нечитаемыми на ярком солнце. Экран оборудован кронштейном с шестью степенями свободы для удобства настройки, при этом он может быть быстро и удобно убран в сторону или полностью сложен для предоставления полного обзора оператору. Компьютер оснащен Wi-Fi, Bluetooth и USB-портами для коммуникации с другими устройствами, связи с Internet и подзарядки, а также системой навигации GPS, GLONASS, гироскопами и цифровым компасом для определения местоположения.

Устройство сертифицировано по искробезопасности в нефтегазовой и химической промышленности (зона 1 по АТЕХ и CI/DI), что уникально на современном рынке, и по водо- и пыленепроницаемости (IP66). Оно выдерживает падение с высоты 2 метров на бетонную поверхность под любым углом, полностью сохраняет работоспособность в широком диапазоне температур, отвечает требованиям стандарта MIL-STD-810G на устойчивость оборудования к внешним воздействиям, снабжено встроенным аккумулятором на всю смену (обеспечивает непрерывную работу устройства при выполнении стандартных операций в течение 9...10 ч).

Важнейшая особенность ИНУ — наличие операционной системы с голосовым управлением, обеспечивающей распознавание речи в шумных средах. В результате у работника остаются свободными руки (режим hands free), что особенно важно в холодных условиях, очень затрудняющих ручной ввод на мобильных устройствах. Это принципиально отличает предлагаемое решение от других полевых мобильных приложений и позволяет реализовать представленные ниже уникальные возможности ИНУ.

Функции интеллектуального носимого устройства

Удаленная связь с экспертом (функция Expert on Call™)

Многие операции в поле требуют поддержки с берега. ИНУ обеспечивает видеосвязь полевого персонала с удаленным экспертом (на площадке или за ее пределами), что позволяет в режиме hands free:

- запрашивать консультацию/помощь экспертов по профилю (по компрессорам, турбинам, насосам,

пр.) в целях диагностики, проверки, ремонта и других операций;

- представлять экспертам ситуацию с позиций полевого работника (обмен аудио- и видеофайлами, документами, пр.);
- получать от экспертов поддержку при выполнении процедур инспекции оборудования и поиска причин отклонений в ходе ТП.

Описанная задача актуальна для многих производственных площадок, например, в вертикально интегрированных компаниях, на удаленных (оффшорные платформы) или распределенных площадках (на добычных предприятиях), в шахтах, при работе на высоте и в других труднодоступных местах. Во всех описанных случаях у работодателей имеются трудности как с самим полевым персоналом, так и с прикрепленными к нему опытными экспертами-менторами — из-за их нехватки, ограничений на их присутствие на месте, дороговизны доставки и содержания персонала и экспертов на удаленных площадках. При этом корпоративные центры получают возможность более эффективно «разделить» самый ценный кадровый ресурс между своими производственными площадками. Первый опыт показывает, что увеличение производительности труда полевого персонала, обслуживающего оборудование, может достигать 50%, что приводит к соответствующему снижению операционных расходов.

Автоматизация выполнения рабочих заданий мобильными пользователями (функция *Active Worker Assist*™)

Работа полевого персонала до сих пор полна рутинных операций: получение наряда на берегу, определение оборудования по месту, фиксация подручными средствами факта выполнения отдельных действий (шагов стандартной процедуры) и его дальнейшее подтверждение по возвращении с поля.

Функция *Active Worker Assist* в сочетании с ИНУ позволяет:

- начальникам смен назначать/разрешать выполнение работ перед началом смены;
- автоматически получать наряд-задания мобильными работниками непосредственно на их ИНУ в поле;
- обеспечивать полевых работников всей необходимой для выполнения заданий электронной документацией и инструкциями (конкретные этапы сложных работ доступны на дисплее ИНУ);
- обеспечивать просмотр пошаговых видеoinструкций с заданных контрольных точек при выполнении операций;

• производить запись измерений с помощью подключаемой периферии непосредственно в память ИНУ и передавать данные в облако;

• полювому персоналу строить кратчайший маршрут обхода оборудования [5], идентифицировать объекты и оборудование по считанным меткам;

• отслеживать и сохранять в памяти и в облаке выполненные действия;

• поддерживать исполнение полевым персоналом стандартных процедур пуска/останова и нештатных процедур, планового и внепланового технического обслуживания, планов локализации аварийных ситуаций,

• предоставлять полювому персоналу историю выполненных работ и заказанных запчастей,

• передавать работнику согласованную информацию о блокировках/разметках, ограниченном пространстве и размещении средств индивидуальной защиты.

Указанная функциональность реализуется с помощью платформы Honeywell Movilizer (<https://www.movilizer.com>), специальной облачной технологии для полевых операций, которая связывает и «орkestрует» все необходимые для этого данные и процессы, в том числе из неинтегрированных в облако производственных систем.

Платформа Movilizer существенно расширяет информационный ландшафт предприятия (информация становится доступной в любом месте, в любое время и на любом устройстве). В облаке Movilizer может агрегироваться самая разнообразная информация: данные бизнес-систем (Salesforce, SAP); сведения о заказчиках, изготовителях и дистрибьюторах; данные о перевозках и складировании материалов и продукции, о работе оборудования и технологических процессах (показания датчиков) (рис. 4, 5). На основе этой информации решаются, в том числе, и различные полевые задачи: контроль техобслуживания, обходы для сбора данных, оцифровка многообразных информационных форм и пр. При этом полевой персонал исполняет рабочие операции с любых доступных ему мобильных устройств (носимых интеллектуальных устройств, планшетов, смартфонов, беспроводных коммуникаторов, пр.).

Визуализация текущей технологической информации по требованию

В настоящий момент полевой персонал существенно изолирован от других работников предприятия. Особенно это касается полевых операторов, которые являются частью смены, управляющей ТП,



Рис. 4. Создание и выполнение производственных заданий в Movilizer

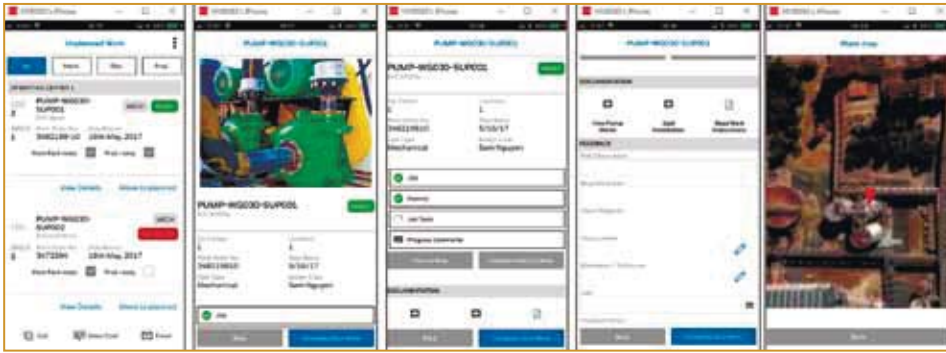


Рис. 5. Примеры сообщений о выполненных заданиях на рабочих экранах в Movilizer

но, выходя в поле, отрываются от команды. Показательный пример: в компьютерных тренажерах для обучения операторов рабочее место полевого оператора выполнялось (и до сих пор выполняется) на отдельной рабочей станции, поскольку для верного обучения необходимо, чтобы полевой оператор не имел доступа к информации от PCY, а консольный — к информации по месту [7]. До самого последнего времени многим казалось, что такое информационное разделение навечно.

С помощью указанной функции полевой персонал, имея возможность передать в центр информацию по месту, и сам получает доступ к технологической информации от АСУТП и систем оперативного управления производством (MES). Таким образом:

- посредством облачных версий SCADA и решению Movilizer данные о процессе, ранее доступные только в операторных и диспетчерских, теперь передаются полевому персоналу (например, настраивая клапан, полевой оператор видит изменения потоков, температур, давлений и пр.);
- технологические данные могут вызываться в режиме hands free и отражаться графически в реальном времени (рис. 6);
- поддерживается эффективное взаимодействие консольных и полевых операторов на пусках/остановах и в нештатных ситуациях.

Капитализация знаний опытных работников (функция Proshot™)

И, наконец, еще одна важная функция ИСУ — создание и использование инструкций в аудио- и видеоформате. Выше уже говорилось о переживаемых по всему миру демографических сдвигах и их серьезном влиянии на персонал промышленных предприятий. В отрасль приходят другие работники, нуждающиеся

в большей дистанционной поддержке, но и большей степени готовы работать в современном коммуникационном режиме с коллегами и экспертами.

Другая сторона этой проблемы — потеря опытных работников. Такие люди уходят рано, их позиции сложные и «горячие»: люди списываются на берег (переходят в консольные операторы, в другие подразделения пред-

приятия, в конце концов, выходят на пенсию). Лучшие из них уносят с собой бесценный опыт. Сохранить их в качестве экспертов не всегда возможно, а зафиксировать их опыт с достаточной полнотой до сих пор было практически невозможно.

Функция Proshot™ обеспечивает видеозапись тренинга и процедур, выполняемых по месту. Полученные записи могут быть затребованы как в учебном классе, так и в поле. Могут быть созданы базы видео- и фотоматериалов выполненных работ. Кроме того, можно:

- анализировать видеозаписи для проверки соответствия исполнения процедур нормативам;
- фиксировать идеальное исполнение процедур опытными операторами для обучения новичков; добавлять к видеозаписям элементы дополненной реальности, аудиокомментарии;
- с ростом библиотеки выбирать нужный видеокурс перед исполнением полевым персоналом (как новичками, так и опытными работниками) сложных производственных задач.

Все это — реальная капитализация критически важных знаний самых опытных профессионалов по управлению процессом и обслуживанию оборудования. Это возможность, наверняка, будет востребована производителями, поскольку серьезно продвигает решение проблемы сохранения знаний без привлечения дорогостоящих методов (профессиональная съемка в формате научно-популярных фильмов, высокобюджетные тренинги и пр.). Специалисты Honeywell располагают возможностями создания высокоуровневого контента обучения и могут привлечь к решению этой задачи необходимых специалистов, обладающих нужной инженерно-психологической экспертизой.



Рис. 6. Пример технологической информации на экране полевого работника



Рис. 7. Тренажер VR-обучения эксплуатационного персонала от Honeywell

Обучение эксплуатационного персонала в среде виртуальной и дополненной реальности

Помимо носимого комплекта безопасности и интеллектуального носимого устройства решение Skills Performance включает специальный тренажер для быстрого обучения обслуживающего персонала в среде виртуальной, дополненной и смешанной реальности (VR/AR/MR) (рис. 7).

Производственное оборудование и средства автоматизации моделируются средствами VR/AR/MR, доступ в среду обучения осуществляется через облако, что упрощает общение участников тренинга с коллегами и с инструктором. Обучаемые используют очки смешанной реальности Microsoft HoloLens, то есть автономный голографический компьютер, имитирующий различные виды эксплуатационных работ. Таким образом, критически важные или редко выполняемые действия могут отрабатываться в безопасной среде, доступной в круглосуточном режиме. За счет воссозданного эффекта присутствия такой тренинг в разы сокращает время обучения, не омертвляет производственное оборудование и существенно повышает степень переноса приобретаемых навыков на реальную деятельность. Это свойство иммерсивных сред обучения неоднократно подчеркивалось исследователями и практиками [5, 8, 9].

Элементы дополненной реальности используются также в Skills Performance для автоматического представления производственных данных по требованию (в нужное время в нужном месте), что повышает осведомленность полевого персонала о работе оборудования (рис. 8).

Практические примеры

Описанные решения были адаптированы для промышленного применения совсем недавно, но их распространение уверенно набирает обороты, и уже имеются десятки практических применений.

Так, компания Lundin Petroleum (Швеция) использует Skills Performance для удаленного управления операциями на месторождении «Эдвард Григ» (Норвегия) в Северном море. Офис на берегу в реальном времени получает информацию о ситуации на шельфе за счет ширококомнатного обмена данными. Используя общий доступ к данным, команда на берегу помогает

решать проблемы с перебоями в добыче и оптимизацией добычи. Персонал на шельфе прошел обучение перед отправкой на месторождение. Время безотказной работы в течение первого года эксплуатации системы составило 96%. Проект признан Проектом года по версии издания Petroleum Economist (2016).

Австралийская компания Otica, крупнейший в мире производитель коммерческих взрывчатых веществ, обладающая штатом в 13 тыс. человек и клиентской базой более чем в 100 странах, успешно перевела свои европейские клиентские операции на систему автоматизации выполнения рабочих заданий мобильными пользователями на базе Movilizer Track & Trace Cloud. Согласно директиве ЕС, необходимо обязательное отслеживание каждого отдельного взрывного устройства. Благодаря внедрению автоматизированных процессов сканирования по всей цепочке поставок — от заказа и транспортировки до генерации транспортных документов и выставления счета — компания добилась этой цели при минимальной инфраструктуре (<https://movilizer.com>).

Компания Noval (Лихтенштейн), производитель систем климат-контроля для помещений, располагает штатом в 1,5 тыс. выездных специалистов для обслуживания своих систем в 16 странах мира. Компания ис-



Рис. 8. Использование дополненной реальности для осведомления полевого персонала о работе оборудования

пользует решение Honeywell Movilizer для повышения эффективности выездного обслуживания оборудования, а также для дистанционной поддержки специалистов по продажам. Все необходимые данные (документация, инструкции по обслуживанию, информация о клиентах и обслуживаемом оборудовании) хранятся в облаке, синхронизация с которым занимает ≤ 10 с. Редактирование данных, генерация отчетов по обслуживанию и счетов фактур проводятся на базе Movilizer; от заказа до счета теперь проходит 2...3 дня (вместо прежних 30 дней). Решение на пяти языках используют 360 сотрудников в четырех странах (<https://movilizer.com>).

Компания AQUAFIL (Италия) — мировой лидер в производстве нейлона и полимеров, располагающая 15 заводами в восьми странах, внедрила Movilizer для повышения производительности, эффективности и плавности производства на своих предприятиях (<https://movilizer.com>). Решение обеспечивает удаленное создание и доставку запросов на обслуживание оборудования при полной совместимости с модулем SAP PM (техническое обслуживание и ремонт). В облаке сохраняется полная история ремонтов и обслуживания. Начальник смены создает заказ-наряд на обслуживание на своем мобильном устройстве, как только обнаруживает неисправность. При этом он считывает расположение оборудования с помощью QR-кода и добавляет описание уровня нештатной ситуации. Полевой специалист мгновенно оповещается о ситуации через свое мобильное устройство, оценивает проблему и перемещается к месту происшествия.

Решение Movilizer используется такими крупными мировыми бизнесами, как General Electric (техническое обслуживание оборудования и системы обнаружения и отслеживания), автоконцерн Daimler (логистика и поддержка процедур), производитель силовых агрегатов ZF FRIEDRICHSHAFEN (техническое обслуживание оборудования и контроль качества в интеграции с SAP PM).

Заключение. Skills Performance — управление компетенциями и продуктивностью персонала на всем жизненном цикле

«Подключенный персонал» от Honeywell — сквозное решение, максимально охватывающее рабочие процессы с участием полевого персонала, включая важные стадии вводного инструктажа и обучения, капитализации опыта и передачи знаний.

Согласно имеющимся оценкам, специальные средства обучения с помощью VR/AR/MR технологий уменьшают непроизводительные потери времени на 15%, сокращают время подготовки специалистов

Владов Роман Александрович — директор по развитию высокотехнологических решений и консалтинга (СНГ и страны Каспийского региона), Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, проф., директор департамента высокотехнологических решений и консалтинга,

Ставракас Дионисиос — директор по продажам корпоративных решений и решений в сфере цифровых преобразований (Россия, Восточная Европа и Каспийский регион),

Шайдуллин Ренат Анварович — консультант по высокотехнологическим решениям АО «Хонвелл».

Контактный телефон +7 (495) 796-98-00 доб. 3766.

E-mail: Dionysios.Stavrakas@honeywell.com

с 6 мес. до 2 мес. и вдвое повышают уровень квалификации специалистов после 3 мес. работы.

Функции дистанционной поддержки полевого персонала, автоматизации выполнения потоков заданий и доступа к важной технологической информации на 10% сокращают время восстановления оборудования и на 15% увеличивают его наработку на отказ. Резко повышается уровень безопасности персонала, а его производительность возрастает на 15%.

Капитализация знаний лучших специалистов и постоянный доступ к ним для всех работников решают ключевую кадровую проблему многих промышленных предприятий.

На сегодня решение Skills Performance — единственное доступное на рынке, включающее не только аппаратные средства подключения полевого персонала в режиме hands free, но и готовые программные и методические средства обучения и поддержки наиболее уязвимого оперативного персонала предприятий — работников в поле.

Список литературы

1. *Аносов А.А., Бородин П.Е., Дозорцев В.М. и др.* Высокотехнологичные решения корпорации Honeywell на базе платформы Experion PKS // Автоматизация в промышленности. 2011. № 8, 29-37.
2. *Dozortsev V.M., Kreidlin E.Yu.* State-of-the-art automated process simulation systems // Automation and Remote Control. 2010, Vol. 71. Number 9. Pages 1955-1963.
3. *Владов Р.А., Дозорцев В.М., Шайдуллин Р.А., Шундерюк М.М.* Практические аспекты Четвертой промышленной революции // Автоматизация в промышленности. 2017. №7. С. 7-13.
4. *Kluge A.* The Acquisition of Knowledge and Skills for Taskwork and Teamwork to Control Complex Technical Systems. Dordrecht: Springer. 2014. 200 p.
5. *Дозорцев В.М.* Интерфейсы с погружением в обучении операторов технологических процессов // Датчики и системы. № 6. 2017. С. 54-64.
6. *Дозорцев В.М.* Мировой рынок компьютерных тренажеров для обучения операторов: тенденции, вызовы, прогнозы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 2. С. 47-50.
7. *Дозорцев В.М.* Современные компьютерные тренажеры для обучения операторов ТП: состояние и направления ближайшего развития // Автоматизация в промышленности. 2007. № 7. С. 30-36.
8. *Rovaglio M., Scheele T.* Immersive Virtual Reality Plant: A Comprehensive Plant-Crew Training Solution Improves Process Reliability and Safety. 2010 Invensys Systems Inc. PN SE-0139. URL: <http://software.schneider-electric.com>
9. *Nazir S. et al.* Can Immersive Virtual Environments Make the Difference in Training Industrial Operators? // In D. de Waard et al. (Eds.). 2014. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter. 2013. Annual Conference. URL: <http://www.hfes-europe.org>