

УДК 004.896

DOI:10.25045/jpit.v11.i2.02

*Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г.*Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
depart15@iit.science.az**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕМ
СМЕННЫХ РАБОТНИКОВ В ОФФШОРНОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ИНДУСТРИИ**

Поступила: 03.06.2020

Исправлена: 23.06.2020

Принята: 07.07.2020

В статье через призму человеческого фактора рассмотрены проблемы повышения эффективности управления безопасностью и здоровьем сменных работников оффшорной нефтегазовой индустрии. Исследованы специфические особенности окружающей среды, опасности и риски, условия труда и профессиональной деятельности в оффшорном секторе. Выделены направления управления безопасностью и здоровьем персонала, занятого на морских нефтяных платформах. Показано, что, несмотря на достаточную проработанность базы знаний об опасностях для здоровья и механизмов их устранения в традиционной системе безопасности труда и охраны здоровья, вопросам безопасности и здоровья, связанным непосредственно с человеческим фактором, на сегодня не уделено достаточного внимания. Состояние проблемы безопасности и здоровья персонала в контексте человеческого фактора исследовано на примере Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики (ГНКАР). Предложена концепция человеко-центрированного подхода к управлению безопасностью и здоровьем персонала, подразумевающая включение в контур управления в качестве основного компонента работников в среде их контекстного окружения. На базе IoT- технологий и e-health решений разработана функциональная модель системы непрерывного удаленного мониторинга состояния здоровья работников в период прохождения ими смены на морских нефтяных платформах. Предложены архитектура и принципы функционирования распределенной интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников оффшорной индустрии.

Ключевые слова: оффшорная нефтегазовая индустрия, человеко-центрированный подход, IoT, система непрерывного удаленного мониторинга, интеллектуальная система управления здоровьем.

1. Введение

В последние годы цифровые технологии все активнее внедряются в различных сегментах нефтегазовой отрасли. Согласно общему мнению ведущих нефтегазовых компаний, цифровизация отрасли и использование новых технологий, направленных на сбор данных и принятие решений на основе аналитической обработки последних, позволят повысить эффективность капитальных вложений, уменьшить расходы и увеличить рентабельность сбыта сырья и нефтепродуктов.

Морская нефтегазовая индустрия является одним из ведущих секторов отрасли и играет ключевую роль в глобальных поставках нефти и газа. Растущий спрос на нефть на фоне истощения запасов углеводородов на суше способствовал активизации работ по разведке залежей углеводородов и их добыче на шельфе морей. В настоящее время на морских месторождениях добывается около 40% нефти и 30% газа. По согласованным оценкам экспертов, в ближайшие 20–30 лет месторождения, расположенные на значительном удалении от берега на больших (*deepwater* – от 400 м до 1,5 км) и сверхбольших (*ultra-deepwater* – от 1,5 км и более) глубинах, станут главным источником расширения производства углеводородов [1]. Нефтегазовые корпорации проявляют большой интерес к разработке таких месторождений. Это актуализирует задачу реализации глубоководных проектов по разведке и добыче углеводородов в мировом масштабе [2].

Вместе с тем по мере увеличения глубины добычи, удаленности оффшорной структуры от побережья, твердости и толщины породы разведка и разработка новых месторождений нефти и газа становятся все более капиталоемкими и наукоемкими процессами. Устойчивая тенденция к разработке углеводородных ресурсов в более «сложных» условиях требует применения высокотехнологичного оборудования, новых инновационных методов сбора, передачи и обработки большого количества информации, полученной с территориально-распределенных морских объектов [3, 4]. Применение решений интернета вещей (*англ. Internet of things, IoT*) может способствовать формированию эффективных стратегий разработки морских месторождений в направлении уменьшения операционных расходов и увеличения уровня добычи углеводородного сырья. В настоящее время крупные нефтегазовые корпорации начинают внедрять IoT для мониторинга морских буровых установок [5, 6].

Однако достижение эффективности производства только лишь на основе цифровизации различных операционных процессов не представляется реальным. Сегодня во многих операционных процессах нефтегазовой индустрии участвует большое количество квалифицированных рабочих и специалистов, функциональные обязанности и трудовая деятельность которых сопряжены с потенциальными опасностями и рисками для здоровья. Поэтому задача повышения эффективности управления безопасностью и здоровьем работников является важнейшей частью деятельности нефтегазовой отрасли на всех этапах жизненного цикла нефтегазового бизнеса. При этом особую актуальность проблема управления здоровьем работников приобретает в оффшорной нефтегазовой индустрии, которая классифицируется как сегмент повышенной опасности для здоровья работников [7, 8].

По мнению экспертов применение технологии IoT является одним из вызовов для будущего развития морской нефтегазовой отрасли [5]. Более того, концепция и инструменты Индустрии 4.0 предоставляют возможность разработки на базе IoT киберфизических систем [9], позволяющих в будущем частично или полностью деперсонализировать операционные процессы, реализуемые в оффшорном нефтегазовом сегменте (ОНС) отрасли [6]. Вместе с тем мы присоединяемся к мнению авторов, которые считают, что человек еще долгое время будет присутствовать в контуре управления нефтегазовой отраслью на всех этапах жизненного цикла последнего, и в частности в ОНС. Поэтому цифровая трансформация, прежде всего, должна быть направлена на создание разумного окружения (*англ. ambient intelligence*) для профессиональной деятельности и быта нефтяников.

В работе исследованы проблемы безопасности человеческих ресурсов, занятых в оффшорной нефтегазовой индустрии, и управления здоровьем сменных работников, занятых на морских нефтяных платформах, с использованием IoT-технологий.

2. Состояние проблемы

В настоящее время наблюдается тенденция к широкой цифровизации нефтегазовой отрасли. Цифровая трансформация отрасли стимулируется появлением таких технологических инноваций, как сети связи для обмена информацией между машинами (*англ. machine-to-machine, M2M*) [10], беспроводные сенсорные сети (*англ. Wireless Sensor Networks, WSN*), технологии IoT [11–15], а также большого количества IoT-приложений и сервисов промышленного назначения (*англ. Industrial IoT, IIoT*) [16]. Более того, многие виды оборудования в нефтегазовой отрасли уже поставляются с умными датчиками различного назначения, которые в процессах геологоразведки и бурения, добычи, транспортировки и сбыта осуществляют онлайн сбор больших объемов ранее недоступной информации, обмениваются собранными данными и передают их для обработки [10–18]. Расширение возможностей IoT и сферы его применения за счет интеграции с WSN, современными инструментами хранения, аналитической обработки большого количества гетерогенных данных (облачные вычисления, большие данные, системы поддержки принятия решений в реальном времени) позволяет получить информацию для поддержки

принятия обоснованных решений [19–23].

Анализ электронных источников демонстрирует значительный рост интереса исследователей и разработчиков к решению проблем производственной безопасности нефтегаза с использованием потенциала IoT. Однако вопросы разработки и применения IoT-решений для поддержки безопасности и здоровья работников (персонала) обсуждаются реже [24–29]. Вместе с тем развитие технологий и появление интеллектуальных носимых (*англ. wearable*), био- (*англ. body-worn*) и имплант (*англ. implant*) сенсоров (смарт-часов, браслетов, повязок, пластырей, сенсоров, размещенных под кожей или внутри тела), беспроводных нательных сенсорных сетей (*Wireless Body Area Networks, WBAN*) [30–33], GPS и мобильных устройств (смартфонов, планшетов) [34–36] открыли широкие возможности для проведения удаленного мониторинга состояния здоровья пациентов, в том числе и работников отраслей с повышенным риском для здоровья в течение длительного времени без ограничений их профессиональной активности [37–39].

Актуальность проблемы подтверждается статистическими данными, в соответствии с которыми работники нефтегазовой индустрии в 8 раз чаще получают травмы [40, 41]. Так, по данным Бюро статистики труда США, в 2016 году в частном секторе нефтеперерабатывающей промышленности зарегистрированы 300 смертельных и более 410 тысяч несмертельных производственных травм [42]. Согласно статистике Управления по охране труда Великобритании (*англ. Health and Safety Executive, HSE*), в 2016–2017 гг. зарегистрированы 19 несчастных случаев с летальным исходом и 60 тысяч – без смертельного исхода. При этом общая стоимость выплат составила более 700 миллионов долларов [43]. В соответствии со статистикой центров по контролю за заболеваниями (*англ. The Centers for Disease Control and Prevention, CDC*), в период с января 2015 года по январь 2017-го работники, занимающиеся добычей нефти и газа, были вовлечены в 602 инцидента, 481 госпитализацию и 166 ампутаций [44]. По данным статистики Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики (ГНКАР) [45], в 2016–2018 гг. зарегистрировано 32 несчастных случаев, из которых 12 – с летальным исходом.

Приведенные выше данные об инцидентах (несчастных случаях и авариях) подтверждают необходимость разработки эффективной системы управления безопасностью и здоровьем человеческих ресурсов в нефтегазовой отрасли [41, 46, 47].

3. Человеческий фактор в оффшорном нефтегазовом сегменте

Нефтегазодобывающая отрасль по своей природе таит опасность для здоровья и безопасности работников. ОНС отрасли относится к объектам повышенной опасности.

Как известно, добыча нефти из морских месторождений осуществляется с применением различных типов специальных нефтяных буровых сооружений. Эти сооружения представляют собой сложный нефтегазопромысловый инженерно-технический комплекс, предназначенный для бурения и освоения скважин, добычи нефти и газа, залегающих под дном моря, океана или иного водного пространства. На сегодняшний день значительная часть морских нефтяных сооружений (в дальнейшем будем использовать термин «морские нефтяные платформы») обустроена для проживания и трудовой деятельности персонала [48]. Технологический цикл работы на морских нефтяных платформах (МНП), связанный с бурением, добычей, транспортировкой, хранением нефти и нефтепродуктов, ремонтом и обслуживанием оборудования и насосов, довольно сложен и пожароопасен [8, 49].

3.1. Специфические особенности ОНС через призму человеческого фактора

Морская разработка и эксплуатация нефтегазовых месторождений происходят в сложных и зачастую экстремальных трудовых и бытовых условиях. Анализ печатных источников через призму человеческого фактора позволил нам выделить следующие

специфические факторы:

1. Привлечение к различным операциям и производственным процессам, реализуемым на территориально распределенных морских объектах и сооружениях МНП, значительного числа человеческих ресурсов [24, 50, 51].

2. Сложность проведения разведки и добычи новых запасов углеводородов в оффшорной зоне, которые осуществляются в опасных и труднодоступных местах [7, 8].

3. Подверженность человеческих ресурсов факторам риска различной природы, воздействующим на их физиологическое состояние и поведение, повышающим вероятность совершения ошибок и вовлеченность в аварийные ситуации [38, 40–42].

4. Риски выброса радиоактивных веществ, наличие в сырой нефти опасных загрязняющих примесей, представляющих угрозу для жизни и здоровья человеческих ресурсов, занятых в оффшорной нефтегазовой индустрии [40, 41, 52].

5. Износ оборудования, утечки нефти и газа при их разработке, транспортировке и переработке, подвергающие риску безопасность и здоровье работников.

6. Серьезные последствия аварий (гибель и травматизм людей, ущерб окружающей среде и др.), обуславливающие необходимость совершенствования методов мониторинга и контроля безопасности и здоровья работников [53].

3.2. Особенности условий труда и профессиональной деятельности работников на МНП

Исследование деятельности сменных работников, занятых морской разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений, через призму воздействия условий труда, быта и внешних факторов на их здоровье позволил провести следующую систематизацию особенностей:

1. Работа и проживание в условиях ограниченного пространства и загрязненной окружающей среды, повышающих риск инфекционных заболеваний и опасность для жизни работников [54].

2. Двенадцатичасовой сменный рабочий график в течение определенного временного интервала (обычно две недели), являющийся источником психосоциальных рисков, стресса [55], депрессии [56].

3. Усталость работников вследствие ненормированного рабочего дня и напряженных условий труда, оцениваемая как один из наиболее опасных рисков допущения ошибок и возникновения несчастных случаев [57–59].

4. Воздействие на работников опасных и вредных факторов, угрожающих здоровью и жизни (производственный шум, вибрация, воздействие нефти и ее компонентов) [4, 60].

5. Неблагоприятные внешние факторы (холод, ветер, туман, пыль, дождь, шторм), оказывающие влияние на физическое состояние, работоспособность и производительность труда [61].

6. «Небезопасное» поведение (*unsafe behavior*) оффшорных работников, являющееся одной из основных причин чрезвычайных происшествий [7].

7. Ведущие позиции в структуре профессиональных заболеваний нефтяников болезней сердечно-сосудистой системы, нарушений опорно-двигательного аппарата, гипертонии, диабета, кожных проблем, потери слуха вследствие производственного шума [60, 62–64].

3.3. Проблемы управления безопасностью и здоровьем человеческих ресурсов, занятых в ОНС

Управление безопасностью и здоровьем человеческих ресурсов в нефтегазовой отрасли реализуется в двух взаимосвязанных и взаимообусловленных направлениях: 1) безопасность условий труда, рабочих мест и окружающей среды, связанная с устранением опасностей и

рисков для здоровья персонала; 2) охрана здоровья и устранение опасностей заболеваний [40, 41]. Аналогично, вопросы обеспечения безопасности и здоровья сменных работников, занятых на МНП, также могут рассматриваться в двух основных направлениях.

Первое направление предполагает сокращение рисков для здоровья работников посредством: а) предотвращения потенциальных опасностей для жизни и здоровья персонала; б) совершенствования условий труда и безопасности рабочих мест проведением трекинга параметров сырья и окружающей среды (повышенная температура, шум, пыль, опасные химические вещества и др.); в) развития методов поддержки оборудования, травмирующих средств (машин, механизмов, инструментов и пр.) в рабочем состоянии и др. На сегодня сформировалась относительно стабильная база знаний об опасностях для здоровья в нефтегазовой индустрии, в том числе и на шельфе [4, 40, 41, 53, 65]. Традиционная система безопасности труда и охраны здоровья предполагает идентификацию и оценку опасностей и рисков для здоровья с целью предотвращения или сведения к минимуму любых вредных воздействий на здоровье работников. При этом выявление опасностей на конкретном рабочем месте базируется преимущественно на знаниях опытных работников (экспертов). На фоне дефицита квалифицированных работников, процессов старения и выхода опытных специалистов на пенсию наблюдается постоянное усложнение технологических процессов, зачастую при отсутствии или неполноте информации об их функционировании, опасностях на местах [66, 67]. Однако держать экспертов на каждой локальной площадке становится практически невыполнимой задачей для компаний. Поэтому возникает необходимость в привлечении экспертных знаний специалистов (профессиональных гигиенистов, инспекторов по безопасности, медсестер или врачей) и предоставлении им реальной информации о ситуации на местах [68].

С нашей точки зрения повышение безопасности и здоровья работников на рабочем месте может быть обеспечено путем привлечения экспертов (инженеров, инспекторов по безопасности, медсестер или врачей) с созданием возможности предоставления им непрерывно поступающей реальной информации о ситуации на рабочем месте, о типе и масштабе опасности, о причинах их появления и динамике развития. Применение современных интеллектуальных технологий (в частности IoT-решений) для сбора и обработки такой информации может сыграть важную роль в совершенствовании моделей поддержки безопасности рабочих мест, содействовать снижению риска возникновения несчастных случаев и производственного травматизма [27–29, 68–71].

Второе направление связано непосредственно с человеческим фактором, т.е. в центре внимания находятся сам работник, физиологическое состояние его здоровья, поведение, активность в течение смены на МНП. Состояние здоровья, являющееся важнейшей характеристикой и основным компонентом человеческих ресурсов, непосредственно воздействует на всю его профессиональную деятельность [72]. Так, анализ причин происшествий на нефтяных морских платформах показывает, что наибольшее число из них связано с непредвиденным ухудшением здоровья сотрудников, потерей сознания, переутомлением, «небезопасным» поведением, неадекватной реакцией и принятием неверных решений в нештатных ситуациях и др. Ухудшение состояния здоровья работников во время исполнения ими функциональных обязанностей и обитания на МНП может повлиять на их действия и принимаемые решения, вызвать нарушение стандартов поведения и техники безопасности, привести к возникновению инцидентов. Поэтому сохранение и укрепление здоровья по месту работы, своевременное установление причин ухудшения состояния здоровья позволяют успешно справляться с физиологическими, психологическими и социальными нагрузками и улучшают функциональные возможности работников [73].

Это актуализирует необходимость систематического трекинга состояния здоровья и безопасности работников в среде их трудовой деятельности и быта. Непрерывный удаленный мониторинг состояния здоровья и безопасности работников в течение смены

позволит также отслеживать геолокацию (местонахождение) работников на МНП, своевременно устранять «небезопасное» поведение последних и снижать уровень их подверженности профессиональным рискам [30, 69].

Несмотря на тесное взаимодействие представленных выше двух направлений обеспечения безопасности и здоровья работников, каждое из них обладает собственной научно-методологической спецификой. Однако с развитием и внедрением в процессы обеспечения безопасности и здоровья современных интеллектуальных технологий происходит постепенная интеграция этих двух направлений в рамках концепции «подключенного» работника [27, 28, 69].

В настоящей статье *объектом исследования* является персонал МНП, обустроенных для их проживания и трудовой деятельности, *предметом исследования* – вопросы интеллектуального управления здоровьем и безопасностью сменных работников оффшорной нефтегазовой индустрии.

4. Управление безопасностью персонала – основной приоритет Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики

Азербайджан относится к категории **нефтяных стран мира**, добывающих нефть и газ не только на суше, но и на море. Поэтому представляет интерес исследование состояния проблемы управления человеческим фактором на МНП с использованием современных информационных технологий в Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики (ГНКАР).

Азербайджан имеет богатую историю добычи нефти и газа на суше и на море. Впервые в мире именно в Азербайджане в 1949 году стали добывать нефть в открытом море со скважины, расположенной в 100 км от Баку на уникальном по тем временам месторождении «Нефтяные Камни». Новый этап развития нефтяной промышленности в республике начался после подписания 20 сентября 1994 года нефтяного контракта на разработку месторождений «Азери», «Чираг» и глубоководья «Гюнешли» в азербайджанском секторе Каспия. В настоящее время основная часть всей добычи нефти и газа в Азербайджане осуществляется на мелководных морских участках (на шельфе), осваиваются глубины до 110–120 метров и более. Производственное объединение «Азнефть» ГНКАР осуществляет разработку 34 нефтегазовых месторождений, 14 из которых расположены в азербайджанском секторе Каспийского моря [74].

Стратегия Азербайджана в сфере освоения нефтегазовых запасов направлена на продолжение поиска новых месторождений нефти на суше и на море. При этом предполагаются расширение геологоразведочных работ и обнаружение залежей углеводородов, прежде всего на шельфе Абшеронского полуострова (Южный, Северный и Восточный Абшерон) вблизи береговых зон, а также в юго-западной части Бакинского архипелага. Глубина воды в этих зонах варьируется от 150 до 700 метров, а глубина продуктивных пластов составляет 3000–3500 метров. В долгосрочной перспективе ГНКАР планирует с привлечением ведущих нефтегазовых компаний разработку более удаленных от береговой линии структур, расположенных на больших глубинах [75].

В рамках контрактов с ведущими компаниями-подрядчиками ГНКАР уделяет пристальное внимание вопросам безопасности МНП. Так, например, шотландская компания *Elite Control System* в течение многих лет оказывает услуги по автоматизированному управлению и поддержке нефтяной платформы «Чираг» в азербайджанском секторе Каспийского моря. Компания имеет удаленный доступ к противопожарной системе и системе газового контроля платформы из ее штаб-квартиры в Ливингстоне (Шотландия). Автоматизированные системы управления, используемые для контроля «Чираг», благодаря слаженной работе позволяют вести добычу непрерывно [76]. Вопросы повышения уровня производственной и экологической безопасности, улучшения и оздоровления условий труда,

направленных на снижение показателей аварийности, производственного травматизма и профессиональных заболеваний, входят в разряд основных приоритетов ГНКАР. В своей деятельности по выработке, развитию и реализации стратегии безопасности ГНКАР уделяет особое внимание обеспечению безопасности обитания на МНП.

Через призму человеческого фактора, прежде всего, рассмотрим динамику показателей, характеризующих состояние охраны труда в ГНКАР. Согласно отчетам компании, несмотря на успешное ведение работ по управлению охраной труда и техникой безопасности и на большие расходы, направленные на усиление мер, связанных с безопасностью персонала, на сегодня пока не удалось полностью избежать несчастных случаев, в том числе со смертельным исходом. Рисунки 1–3 отражают динамику данных, характеризующих расходы на обеспечение охраны труда и число несчастных случаев, произошедших за период 2010–2018 гг. в ГНКАР [45].



Рис.1. Динамика численности работников ГНКАР (2010–2018 гг.)

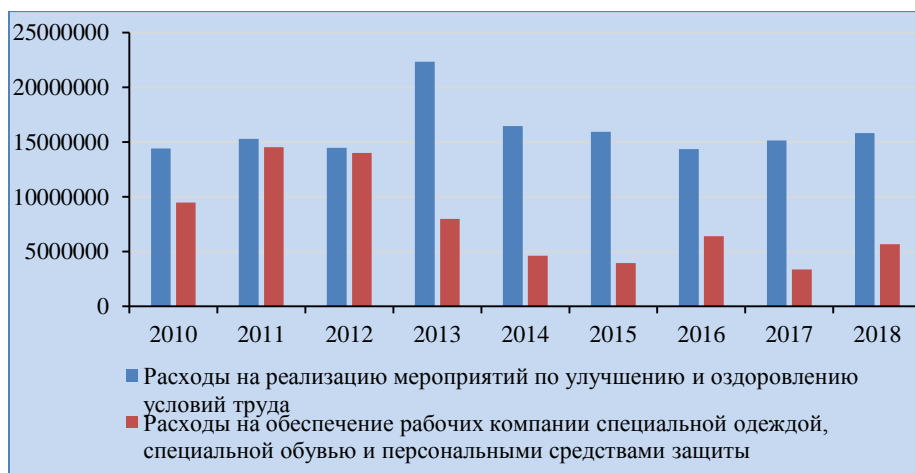


Рис.2. Расходы на обеспечение охраны труда (2010-2018 гг.)



Рис.3. Динамика несчастных случаев (2010–2018 гг.)

Динамика данных, приведенных в отчетах ГНКАР [45], показывает, что несмотря на падение с 2014 года мировых цен на нефть, вызвавшее кризис в нефтегазовой отрасли нефтедобывающих стран, в том числе и Азербайджана, расходы на охрану труда в нефтяной компании достаточно значительные. Далее из графиков видно, что хотя в последние годы наблюдается уменьшение числа несчастных случаев, однако избежать инцидентов с летальным исходом пока не удалось.

Опыт мировых нефтяных компаний, включая и ГНКАР, показывает, что возникновение нештатных ситуаций, требующих незамедлительного вмешательства уполномоченных лиц, принимающих решение (ЛПР), на МНП является нередким событием. Однако вследствие удаленности МНП от берега зачастую принятие своевременного обоснованного решения ЛПР затрудняется из-за отсутствия реальной и достоверной информации о сложившейся на месте ситуации, сбор и анализ которой занимают определенное время. В настоящее время работы по внедрению беспроводных технологий в ОНС находятся на начальной стадии развития [77–79]. Существующие датчики и измерительные приборы, фиксирующие диагностическую и эксплуатационную информацию, связаны кабельными проводами преимущественно с диспетчерским центром на МНП. Регистрируемую датчиками информацию невозможно передавать на берег в ситуационные центры, ответственные за безопасность и здоровье персонала на объектах ОНС, как вследствие специфических стандартов поступающих сигналов, так и неспособности традиционных кабельных технологий к удаленной передаче данных. Анализ доступных электронных источников показывает, что на сегодня проблемы исследования человеческого фактора и обеспечения охраны здоровья сменных работников в ОНС с позиций человеко-центрированного подхода проработаны слабо. В ряде ведущих нефтяных компаний осуществляются пилотные проекты, решающие отдельные аспекты данной проблемы [68, 80–83].

Исследование состояние проблемы в ГНКАР позволило сделать заключение о том, что на сегодня в компании отсутствуют современные системы, технологии и механизмы:

- оперативного удаленного мониторинга жизненно важных показателей физиологического состояния работников в течение смены на МНП;
- слежения в реальном времени за активностью (перемещением) физических лиц, идентификации каждого работника и определения его точного местонахождения (геолокации) на МНП, в том числе в опасных, непросматриваемых и запрещенных зонах;
- удаленного контроля использования каждым из работников обязательных средств индивидуальной защиты, а также непрерывного отслеживания состояния среды, окружающей отдельного работника;
- онлайн сбора, передачи и оперативной обработки информации о физическом состоянии работников (падение, потеря сознания и пр.), их поведении, обеспечивающих своевременное принятие решений по устранению опасной ситуации;
- систематического сбора и накопления данных о динамике состояния здоровья и поведении сотрудников, необходимых для системного анализа состояния здоровья и прогноза ранних симптомов той или иной болезни;
- формирования информационной базы, содержащей ретроспективные данные о динамике жизненно важных показателей здоровья персонала в течение смены, данные результатов регулярных предсменных осмотров и назначений, сведения о принятых лечебно-диагностических решениях, назначенных лекарственных препаратах, пополняемые актуальными данными систематически проводимых мониторингов и пр.;
- доступа к информации о здоровье каждого работника с использованием электронных карт здоровья, представляющих собой регулярно пополняемые электронные аналоги истории болезней конкретных лиц, содержащие данные, собранные из всех медицинских организаций, к которым на протяжении жизни обращался работник [84, 85];
- разработки единой цифровой интеграционной платформы, которая могла бы: 1)

консолидировать множество изолированных гетерогенных данных, характеризующих безопасность и состояние здоровья; 2) выявить угрозы и риски инцидентов и травматизма, связанные с человеческим фактором; 3) провести комплексный анализ всех отслеживаемых данных для выработки надежной аналитики, поддерживающей принятие оперативных решений по управлению безопасностью и здоровьем работников. Как следствие вышеперечисленного, не имеются также мониторинговые центры, круглосуточно отслеживающие состояние здоровья персонала и его среду в течение рабочей смены на МНП. Отсутствие достоверной информации о состоянии здоровья работников в контекстно-зависимом окружении последних (геолокация, активность, поведение) затрудняет принятие адекватных сложившейся ситуации мер по предотвращению инцидентов на МНП. Разработка IoT-решений для проведения непрерывного удаленного мониторинга состояния здоровья персонала и контекстно-зависимых параметров и характеристик, непосредственно влияющих на жизненно важные показатели здоровья в период сменной работы на МНП, может уменьшить риски нештатных ситуаций, связанные с человеческим фактором.

Учитывая вышеизложенное, определена цель настоящего исследования, которая заключается в разработке на базе технологии IoT-концепции и методологических подходов к синтезу архитектуры интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников, занятых в ОНС.

5. Концептуальная постановка проблемы

Основная идея предлагаемой концепции заключается в человеко-центрированном подходе к управлению безопасностью и здоровьем персонала, который подразумевает включение в контур управления в качестве одного из важнейших компонентов самих работников. Такой подход позволит с применением современных технологий непрерывного удаленного мониторинга показателей здоровья, геолокационных параметров, моделей поведения персонала (в том числе связанных с соблюдением ими стандартов безопасности труда), действий и состояния осанки, параметров окружающей среды свести к минимуму воздействие человеческого фактора на возникновение потенциальных угроз и инцидентов. По своей сути IoT-платформа в системе управления безопасностью и здоровьем персонала как инструмент непрерывного удаленного мониторинга за различными параметрами, прямо или косвенно влияющими на значения жизненно важных физиологических показателей работников (контекстно-зависимые), предоставляет «моментальный снимок» состояния здоровья последних в их непосредственном окружении. Вся эта актуальная информация в реальном времени становится доступной уполномоченным лицам (менеджерам, врачам, специалистам по безопасности труда, экспертам) и служит для обоснованного принятия решений по устранению фактов отклонения тех или иных показателей от нормативных. Концепция человеко-центрированного подхода к синтезу интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников в ОНС предполагает разработку: 1) методологических подходов к непрерывному удаленному мониторингу физиологического состояния сменных работников на основе IoT-технологий и e-health-решений с учетом контекстно-связанной информации; 2) архитектуры интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников; 3) сетевой архитектуры, поддерживающей процессы удаленного мониторинга и контроля безопасности и здоровья персонала в период смены на МНП.

Стратегической целью непрерывного мониторинга состояния здоровья и безопасности персонала, работающего на МНП, являются взаимодействие с каждым работником, систематический сбор и накопление персонализированной информации, формирование по истечении определенного времени достаточно представительной и регулярно пополняемой информационной базы о динамике состояния их здоровья. Встраивание этой базы в архитектуру интеллектуальной системы управления здоровьем

персонала в качестве модуля динамической базы данных и совместная аналитическая обработка с ретроспективными данными позволят объективно оценить тенденции изменения состояния здоровья каждого работника, принять обоснованные и объективные решения по устранению проблем, отрицательно воздействующих на здоровье персонала в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективах.

IoT-технологии как основа персонализированной системы удаленного мониторинга позволяют: 1) проводить сбор актуальной информации о жизненно важных показателях здоровья персонала, о его поведении в рабочей среде; 2) выявлять уровень (степень) отклонения отслеживаемых показателей от нормативных значений; 3) сформировать регулярно пополняемую информационную базу о состоянии здоровья персонала, обеспечивающую объективное отображение тенденций изменения показателей здоровья и предоставляющих возможность выявления ранних признаков заболеваний; 4) создать динамическую информационную базу о действиях персонала в течение смены на МНП и об отклонениях от стандартов поведения; 5) выявить на основе аналитической обработки накопленной информации корреляцию между состоянием здоровья, «небезопасным» поведением работника и производственными факторами. Концептуально человекоцентрированный подход к управлению здоровьем сменных работников в ОНС МНП можно разбить на три основных этапа (подзадачи) (рис.4).

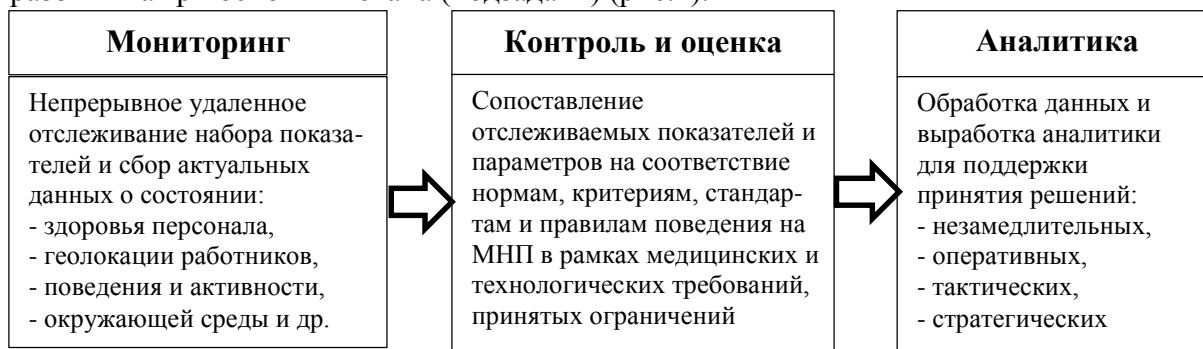


Рис. 4. Функциональная модель управления здоровьем персонала МНП

На основе трехэтапной модели процесса управления здоровьем персонала разработана архитектура системы «Цифровое здоровье», представляющей собой многоуровневую интеллектуальную информационную систему управления здоровьем (безопасностью) персонала МНП.

6. Архитектура и принципы функционирования интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников в ОНС на базе технологии IoT

Прежде чем перейти к исследованию возможностей IoT в обеспечении безопасности и здоровья персонала, занятого в нефтегазовой отрасли, и в частности в оффшорном секторе нефтегаза, кратко изложим сущность концепции этой технологии.

6.1. Архитектура интернета вещей

IoT – это сеть физических устройств со встроенными датчиками, сенсорами, электроникой, которые уникально идентифицируются, имеют возможность подключаться к сети, собирать данные и обмениваться ими через беспроводные сети без участия человека [16]. IoT-платформа работает на трех уровнях [16, 86–88].

1. Сенсорный уровень представляет собой различные объекты, расширенные встроенными системами и интеллектуальными датчиками. Назначение сенсорного уровня – сбор с помощью сенсоров необходимых данных, их обработка и передача на сетевой уровень.

2. Сетевой уровень предназначен для маршрутизации, осуществляет прием информации с сенсоров и ее передачу в IoT-устройства или приложения через каналы передачи данных без участия человека [16]. Физические предметы и устройства (вещи)

подключаются друг к другу, к Интернету (облаку) через шлюзы (*Gateway*) с помощью беспроводной связи (*Wi-Fi, Bluetooth, LPWAN* и др.).

3. Прикладной уровень (центр управления) принимает данные с сетевого уровня (со шлюзов), хранит их, обрабатывает, накапливает для поиска в них знаний и последующего формирования на их базе решений. Центр управления состоит только из двух уровней – сетевого и прикладного. Технически прикладной уровень представляет собой сервер с программным обеспечением, анализирующий на основе специальных алгоритмов различные наборы данных для выработки решений. Этот уровень содержит множество различных приложений, которые активируются в зависимости от поставленных задач [86].

6.2. Архитектура системы управления здоровьем сменных работников

В соответствии с описанными выше концептуальным подходом и функциональной моделью предложена архитектура интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников в ОНС, которую мы назвали «Цифровое здоровье». Система имеет иерархическую структуру, в которой каждый из трех уровней распределен территориально, представляет собой целевую интеллектуальную информационную систему, имеющую собственное назначение и функции. В то же время каждая из систем интегрирована в единый процесс поддержки принятия решений по управлению здоровьем сменных работников в ОНС. В данном случае персонал МНП выступает в качестве биологического объекта, который оснащен нательными и/или носимыми устройствами, генерирующими в соответствии с назначением информацию различной природы. Нательные и носимые устройства (моно- и многофункциональные гаджеты, повязки и пр.) представляют собой персональные портативные электронные приборы (биосенсоры, датчики) со встроенными элементами беспроводной связи, способные интерактивно взаимодействовать с окружающей средой и пользователем, фиксировать, накапливать, обрабатывать и передавать данные. Интеллектуальные датчики, RFID-метки (выданные каждому работнику), GPS-трекеры непрерывно отслеживают физиологические показатели здоровья (температуру, пульс, артериальное давление и др.), параметры, характеристики и координаты геолокации, активности и поведения каждого работника. Идентификация последних позволяет фактически получить контекстно-зависимую информацию о состоянии здоровья каждого работника с привязкой к конкретной дате и времени. Конфигурация датчиков и настроек в IoT-платформе может меняться и расширяться в зависимости от специфики поставленных задач и потребностей пользователя. В таблице 1 приведен набор наиболее информативных отслеживаемых параметров, включаемых в конфигурацию функциональности IoT-приложений промышленного назначения. В таблице 1 приведены виды наиболее информативных отслеживаемых параметров.

Таблица 1

Виды отслеживаемых параметров

Жизненно важные показатели состояния здоровья	<ul style="list-style-type: none"> – температура; – пульс; – давление; – частота сердечных сокращений (на основе снятия кардиограммы); – общий анализ крови; – уровень кислорода в крови; – уровень сахара в крови и др.
Геолокация, активность, поведение	<ul style="list-style-type: none"> – определение местоположения (с использованием GPS и RFID-систем) на платформе; – нахождение в зоне отдыха, в т.ч. контроль режима отдыха; – нахождение в рабочей зоне, в т.ч. контроль режима рабочего времени и соблюдения безопасности труда; – контроль приближения к зоне/оборудованию под напряжением; – контроль выхода за периметр и вхождения в запрещенные, непросматриваемые зоны (опасность падения за борт) и др.

Состояние и осанка	<ul style="list-style-type: none"> – контроль наличия средств индивидуальной защиты и необходимого переносного оборудования; – контроль падений/подскальзываний (с предоставлением автоматических сигналов о падении сотрудника); – идентификация личности; – тревожная кнопка; – (SOS); – тревожная сигнализация (оповещение); – наличие голосовой связи и мгновенных сообщений; – видеонаблюдение (фото/видеокамера) с возможностью интерпретации собираемых показателей для оперативной оценки общего состояния
--------------------	--

IoT-система способна одновременно передавать собираемую с датчиков информацию в различные центры управления (серверы), расположенные как в горизонтальной плоскости (на одном уровне), так и в иерархически распределенные по многим уровням.

На рисунке 5 представлена архитектура интеллектуальной системы управления здоровьем сменных работников «Цифровое здоровье».

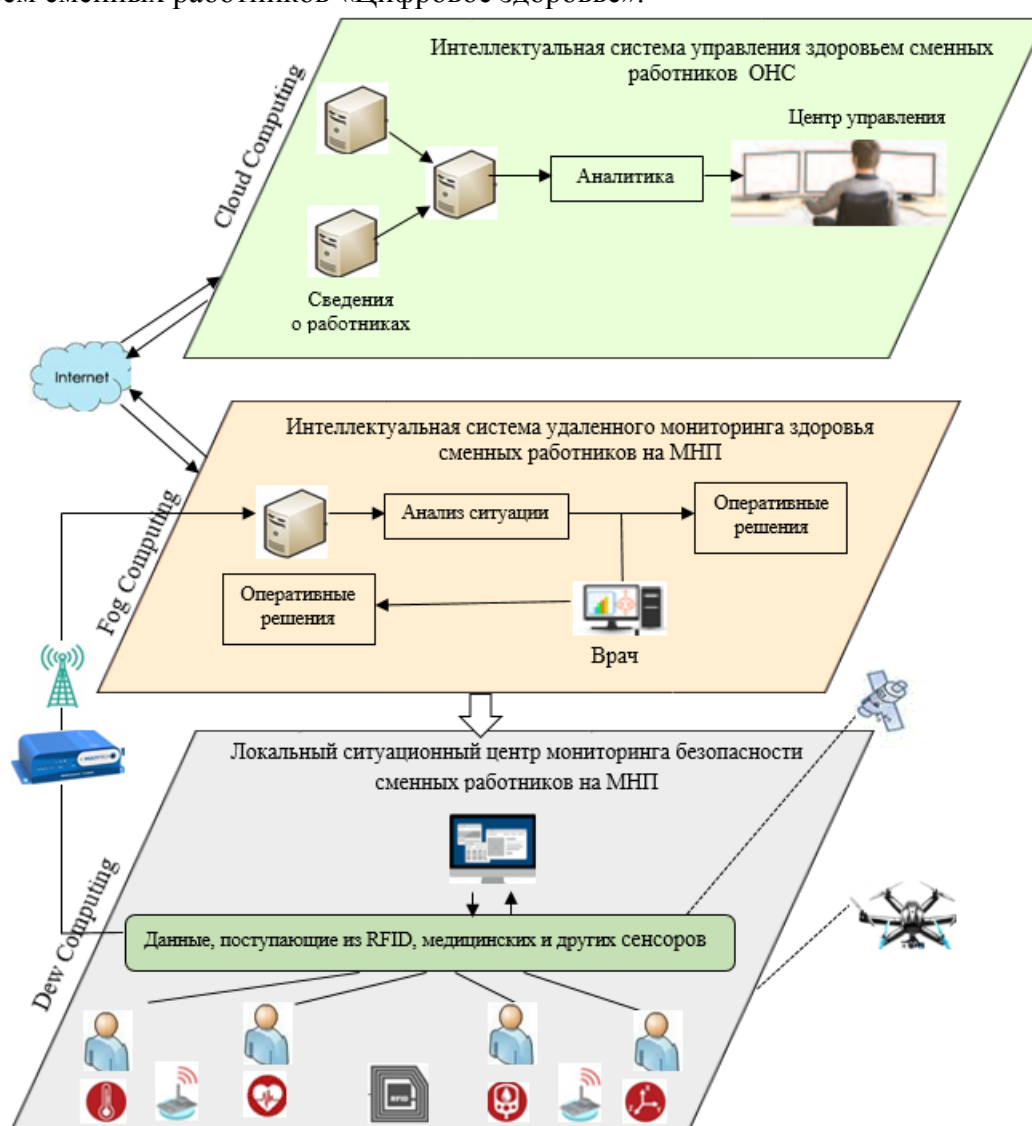


Рис.5. Концептуальная модель интеллектуальной системы «Цифровое здоровье»

В качестве **первого уровня** системы «Цифровое здоровье» предлагается IoT-решение, реализованное на месте пребывания персонала, т.е. на МПП. При включении в архитектуру

предлагаемой системы управления здоровьем сменных работников отдельного уровня на МНП мы руководствовались тем соображением, что, в первую очередь, именно на месте происшествия возникает необходимость в поддержке принятия незамедлительных решений, связанных с устранением опасности для здоровья и оказанием незамедлительной первой медицинской помощи.

Второй уровень в структуре системы «Цифровое здоровье» посредством IoT-решений поддерживает процессы управления удаленным мониторингом в береговом Специализированном медицинском подразделении. Необходимость в непрерывном удаленном мониторинге вызвана рядом существенных факторов. Так, персонал работает на МНП, которые находятся на расстоянии от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров от служб специализированного медицинского сервиса. Зачастую в случае возникновения критических ситуаций со здоровьем работников ЛПР, ответственные за принятие незамедлительных решений на МНП, не обладают достаточными знаниями и квалификацией как для интерпретации и исполнения рекомендаций, выработанных IoT-системой на МНП, так и для оказания адекватной сложившейся ситуации медицинской помощи. Поэтому связь с «береговой» командой медицинских специалистов является обязательным условием для своевременного квалифицированного медицинского вмешательства и принятия управляющих воздействий. Однако в этом случае медицинские специалисты должны обладать реальной и достоверной информацией о динамике жизненно важных показателей здоровья пострадавших и обстоятельствах, которые спровоцировали ухудшение их состояния.

Третий уровень в архитектуре системы «Цифровое здоровье» предназначен для управления на основе IoT-решений персональной траекторией здоровья сменных работников. Важность данного модуля заключается в том, что систематически накапливаемые в информационной базе результаты обработки непрерывно регистрируемых данных о состоянии здоровья сменных работников в долгосрочной перспективе позволят проследить тенденции изменения состояния здоровья сменных работников. Полученные аналитические данные в качестве доказательной базы дадут возможность принять обоснованные стратегические решения по совершенствованию управления здоровьем, безопасностью и карьерными траекториями каждого работника.

В предлагаемой архитектуре системы управления здоровьем персонала все рабочие функции IoT системы (сбор, обработка данных, синтез решений, хранение данных) интегрированы в следующие иерархически распределенные вычислительные уровни:

Уровень росистых вычислений (анг. *Dew computing*) – предназначен для непрерывной регистрации данных датчиками, обработки данных и синтеза локальных решений прежде всего в наименьшей локальной сети (*Dew*). *Dew computing* восполняет основной недостаток облачных вычислений – требование к стабильному интернет-подключению, которое в условиях удаленной МНП не всегда удается обеспечить. В то же время на МП открывается возможность к более эффективному использованию локальных устройств, с помощью которых *Dew computing* может обеспечивать сервисы и функции в режиме онлайн и офлайн. Однако в этом случае возрастает продолжительность времени, в течение которого будет недоступно облако. Для преодоления этой проблемы вводится дополнительный уровень – туманные вычисления, который является слоем между облачным и росистым вычислениями [89].

Уровень туманных вычислений (анг. *Fog computing*) – предназначен для принятия оперативных решений, синтезированных IoT-приложением в специализированных Дата-центрах и направляемых как на нижний вычислительный уровень (*Dew*) для реализации оперативных управляющих воздействий, так и на верхний уровень (*Cloud*) для более детального анализа. Основным преимуществом *Fog computing* является обработка данных без необходимости их передачи в крупные *Cloud* дата-центры, что уменьшает нагрузку на последних. Далее, свойство мобильности *Fog* технологий и возможность географического

размещения Дата центров (*Fog* серверов) в наиболее удобных и близких к пользователю местах ускоряет обработку и анализ данных с носимых сенсоров и принятие оперативных решений в соответствии со сложившейся на *Dew* уровне ситуацией. *Fog computing* обычно выполняется на маломощных и рассредоточенных компьютерах, которые без необходимости с облаком не общаются. Интеграция *Fog computing* в IoT приложения способствует повышению эффективности удаленного мониторинга здоровья [90].

Уровень облачных вычислений (анг. *Cloud computing*) – предназначен для тщательного комплексного анализа а) накопленных из *Fog* уровня (IoT-шлюза) данных, зафиксированных по факту отклонения различных показателей здоровья, контекстно-связанной информации и принятых решений, б) адресных ретроспективных, предсменных, исходных и стартовых медицинских данных работников, в) электронных медицинских записей работников с помощью мощных современных аналитических инструментов (*Big Data*, *ML*, *Soft computing* и др.). Цель такого всестороннего охвата данных работников для анализа заключается в повышении обоснованности принятых решений, выявлении скрытых зависимостей между разными показателями для синтеза решений в критических ситуациях и доставляются на нижние уровни вычислений *Fog* и *Dew* (например, принятие решений о срочной эвакуации пострадавшего работника).

На рис.6 приведена концептуальная схема сетевой архитектуры системы «Цифровое здоровье».

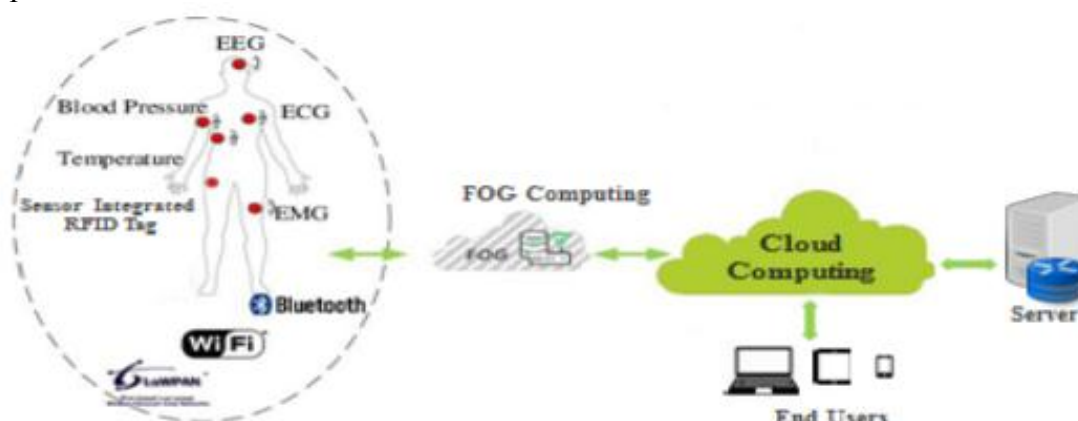


Рис.6. Концептуальная схема сетевой архитектуры системы «Цифровое здоровье»

Заключение

Человек является самым ценным и в то же время наиболее уязвимым звеном в цепи жизненного цикла нефтегазовой отрасли, которая по своей природе таит опасность для здоровья и безопасности работников. Задача постоянного повышения эффективности управления безопасностью и здоровьем работников, особенно в оффшорной индустрии, является важнейшей частью деятельности нефтегазовой отрасли. Исследование специфики профессиональной деятельности показывает, что морская разработка и эксплуатация нефтегазовых месторождений происходят в сложных и зачастую экстремальных трудовых и бытовых условиях. Это нередко приводит к непредвиденному ухудшению здоровья сотрудников, переутомлению, «небезопасному» поведению и действиям, провоцирующим возникновение нештатных ситуаций, требующих незамедлительного вмешательства ЛПР. Однако отсутствие реальной и достоверной информации как о состоянии здоровья работников, так и о сложившейся на местах ситуации, сбор и анализ которой занимают определенное время, затрудняет принятие адекватных мер по предотвращению инцидента.

В настоящей статье в качестве эффективного решения указанной проблемы предложены концептуальные подходы к разработке на базе технологической платформы IoT и e-health-решений системы непрерывного удаленного мониторинга состояния здоровья персонала, работающего на МНП, в среде его непосредственного контекстного

окружения. Незамедлительная аналитическая обработка постоянно генерируемых данных о жизненно важных показателях здоровья работников и контекстно-зависимой информации с привязкой к конкретной дате и времени позволит уменьшить риски нештатных ситуаций, связанные с человеческим фактором.

Литература

1. Матвеев И.Е. Добыча нефти и газа на морском шельфе в 2000–2018 гг. и в дальнейшей перспективе, 2018. <http://matveev-igor.ru/articles/381420>
2. Страны-лидеры по добыче нефти на шельфе, 2017. <http://caspiabarrel.org/ru/2017/09/cstrany-lidery-po-dobyche-nefti-na-shelfe/>.
3. Peby M., Knutsen E. Data-driven remote condition monitoring optimizes offshore maintenance, reduces costs // *World Oil Magazine*, 2017, no.12, pp.60–62.
4. Niven K., McLeod R. Offshore industry: management of health hazards in the upstream petroleum industry // *Occupational Medicine*, 2009, vol.59. no.5, pp.304–309. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqp076>.
5. Verma S. Offshore Rig Monitoring: A Complete IoT Solution (Infographic), 2018. <https://dzone.com/articles/offshore-rig-monitoring-a-complete-iot-solution>;
6. Oil without a person: how robots and the Internet of things have changed oil production. <https://geektech.me/oil-without-a-person-how-robots-and-the-internet-of-things-have-changed-oil-production/>;
7. Mearns K., Flin R., Gordon R., Fleming M. Human and organizational factors in offshore safety. *Work & Stress // International Journal of Work, Health & Organisations*, 2010, vol. 15, no.2, pp.144–160. <https://doi.org/10.1080/026783701102678370110066616>;
8. Curcuruto M., Parker Sh.K., Griffin M.A. Proactivity towards workplace safety improvement: an investigation of its motivational drivers and organizational outcomes // *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 2019, vol.28, no.2, pp.221–238.
9. Fataliyev T.Kh., Mehdiyev Sh.A. Analysis and New Approaches to the Solution of Problems of Operation of Oil and Gas Complex as Cyber-Physical System // *I.J.Information Technology and Computer Science*, 2018, no.11, pp.67–76. DOI: 10.5815/ijitcs.2018.11.07
10. Cole T. IoT in Oil and Gas Industry: 1.3 Million Wireless IoT Devices, April 11, 2019. www.smart-industry.net/iot-in-oil-and-gas-industry-1-3-million-wireless-iot-devices/;
11. Lee Sh. IoT Applications in the Oil and Gas Industry. January 11, 2019. www.ietfforall.com/iot-applications-oil-and-gas-industry/;
12. Patel U. Internet of Things in oil and gas: Is it time to invest? July 4th, 2018. www.softwebsolutions.com/resources/internet-of-things-for-oil-and-gas-industry.html
13. Khan W.Z., Aalsalem M.Y., Khan M.K., Hossain M.S., Atiquzzaman M. A Reliable Internet of Things based Architecture for Oil and Gas Industry / 19th International Conference on Advanced Communication Technology, IEEE, 19-22 Feb., 2017, Bongpyeong, South Korea, pp.705–710. DOI: 10.23919/ICACT.2017.7890184
14. McAdams B.E. Wireless Sensor Networks–Applications in Oil and Gas, 2016. www.remotemagazine.com/main/articles/wireless-sensor-networks-applications-in-oil-gas/
15. Slaughter A., Bean G., Mittal A. Connected barrels: Transforming oil and gas strategies with the Internet of Things. *The Internet of things in the oil and gas industry/* www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/internet-of-things/iot-in-oil-and-gas-industry.html?id=us:2el:3dc:dup1169:eng:er:iot
16. Exler R. IoT and the Intelligent Workplace. <https://isg-one.com/articles/iot-and-the-intelligent-workplace>
17. Akhondi M.R., Talevski A., Carlsen S., Petersen S. Applications of wireless sensor networks in the oil, gas and resources industries” / 24th IEEE International Conference Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010, pp.941–948.
18. Martinotti S., Nolten J., Steinsbo J.A. Digitizing oil and gas production, 08/2014. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digitizing-oil-and-gas-production.
19. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // *Future generation computer systems*, 2013, vol.29, no.7, pp.1645–1660.

20. Li S., Xu L., Wang X., Wang J. Integration of hybrid wireless networks in cloud services oriented enterprise information systems // *Enterp. Inf. Syst.*, 2012. vol.6, no.2, pp.165–187.
21. Wang L., Xu L., Bi Z., Xu Y. Data filtering for RFID and WSN integration // *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2014, vol.10, no.1, pp.408–418.
22. Tao F., Laili Y., Xu L., Zhang L. FC-PACO-RM: A parallel method for service composition optimal-selection in cloud manufacturing system // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2013, vol.9, no.4, pp.2023–2032.
23. Haghghi P.D., Burstein F., Churilov L., Patel A. Multi-Criteria Evaluation of Mobile Triage Decision Systems // In book: *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol.261, pp.54–65.
24. Cumberland S. The human factor of IoT in safety. February 13, 2019. www.plantengineering.com/articles/the-human-factor-of-iot-in-safety/;
25. Oil & Gas Agenda: The health monitor: Occupational health, 2015, www.growthmarkets-oil.com/features/featurethe-health-monitor-occupational-health-4622752/
26. Brown M. Improving Worker Safety with IoT Connected Sensors, 2015. www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/10941/Improving-Worker-Safety-with-IoT-Connected-Sensors.aspx
27. Meszaros G. Why IoT is workplace safety game changer. 2018. www.cbtechinc.com/workplace-safety-iot/;
28. Can IoT help you build a safer workplace?, Tech HQ, 2018. <https://techhq.com/2018/06/can-iot-help-you-build-a-safer-workplace/>;
29. Why IoT is a workplace safety game changer. www.cbtechinc.com/workplace-safety-iot/
30. Islam R.S.M., Kwak D., Kabir M.H., Hossain M., Kwak K.S. The Internet of Things for Health Care:A Comprehensive Survey // *IEEE Access*, 2015. DOI:10.1109/ACCESS.2015.2437951.
31. Majumder S., Mondal T., Deen M.J. Wearable Sensors for Remote Health Monitoring // *Sensors*, 2017, vol.17, no.1, pp.1–45. <https://doi.org/10.3390/s17010130>
32. Appelboom G., Camacho E., Abraham M.E., Bruce S.S., Dumont E.L., Zacharia B.E., D’Amico R., Slomian J., Reginster J.Y., Bruyère O., Connolly E.S. Smart wearable body sensors for patient self-assessment and monitoring // *Archives of Public Health*, 2014, <https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-28>
33. Pramanik P.K.D., Upadhyaya B.K., Pal S., Pal T. Chapter 1 - Internet of things, smart sensors, and pervasive systems: Enabling connected and pervasive // *Healthcare Data Analytics and Management*, 2019, pp.1-58. doi.org/10.1016/B978-0-12-815368-0.00001-4
34. Castillejo P., Martinez J.-F., Rodriguez-Molina J., Cuerva A. Integration of wearable devices in a wireless sensor network for an e-health application // *IEEE Wireless Commun.*, 2013, vol.20, no.4, pp.38–49.
35. Sebestyen G., Hangan A., Oniga S., Gal Z. eHealth solutions in the context of Internet of Things / *Proc. IEEE Int. Conf. Autom., Quality Test., Robot.*, May 2014, pp.1–6.
36. Saraswathi T., Amutha S. IoT Based Wireless Healthcare Monitoring // *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, 2016, vol.3, no.5, pp.784–792.
37. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Возможности интернета вещей в мониторинге физиологического состояния и местонахождения персонала на морской нефтяной платформе // *Проблемы информационных технологий*, 2018, №2, с.3–17.
38. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. Интернет медицинских вещей и их возможности в отслеживании физического состояния работников на морской нефтяной платформе // *Проблемы информационного общества*, 2019, №1, с.51–62.
39. Rahmani A.M, Gia T.N. Negash B., Anzanpour A., Azimi I., Jiang M.Z., Liljeberg P., Amir M., Gia T.N. Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things:A fog computing approach // *Future generation computer systems-the international journal of science*, 2018, vol.78, no.1, pp.641–658.
40. Chauhan N. Safety and health management system in Oil and Gas industry. 2013. www.wipro.com/oil-and-gas/safety-and-health-management-system-in-oil-and-gas-industry/pdf;
41. Safety of Offshore Oil and Gas Operations Directive http://ec.europa.eu/energy/oil/offshore/standards_en.htm.
42. Workplace Injury, Illness and Fatality Statistics. www.osha.gov/oshstats/work.html

43. Health-and-safety-executive. www.gov.uk/government/organisations/health-and-safety-executive.
44. CDC, United States federal agency under the Department of Health and Human Services. <https://toolkit.cdcgroup.com/sector-profiles/oil-and-gas/>
45. SOCAR reports (2011-2018). www.socar.az/socar/en/economics-and-statistics/economics-and-statistics/socar-reports.
46. Global strategy on occupational safety and health: Conclusions adopted by the International Labour Conference at its 91st Session, 2003 www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/_protect/protrav/safework/documents/policy/wcms_107535.pdf;
47. Guidelines on occupational safety and health management systems (ILO-OSH 2001) www.ilo.org/public/english/region/afpro/cairo/downloads/wcms_107727.pdf;
48. ГОСТ Р 54594-2011. Платформы морские. Правила обитаемости. Общие требования. <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54594-2011>;
49. Мулюкина О.А., Мокина В.А., Слизова А.Н. [и др.] Нефтяные платформы как объект повышенного риска: анализ причин и последствий возможных чрезвычайных ситуаций // Вопросы технических наук в свете современных исследований: сб. ст. по матер. IV междунар. науч.-практ. конф. № 4(3). – Новосибирск: СибАК, 2017, с.18–22.
50. Yu-fang L., Jin-xing S. Using the Internet of Things Technology Constructing Digital Mine // *Procedia Environmental Sciences*, 2011, vol.10, pp.1104–1108.
51. Zhang H., Cheng F., Hu C. Design of Oil Well Monitoring Info. Management System Based on IOT Technology // In book: *Advanced Graphic Communications, Packaging Technology and Materials*, 2016, vol.369, pp.627–635.
52. Берчатова А.А., Петрова Е.Ю. Экологические проблемы нефтяной промышленности. Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2003. <https://neftegaz.ru/analysis/education/330188-ekologicheskie-problemy-neftyanyy-promyshlennosti/>
53. Pickett T. Managing hazards in the offshore oil and gas industry. www.shponline.co.uk/products/managing-hazards-offshore-oil-gas-industry/.
54. Tharaldsen J.E., Mearns K.J., Knudsen K. Perspectives on safety: The impact of group membership, work factors and trust on safety performance in UK and Norwegian drilling company employees // *Safety Science*, 2010, vol.48, no.8, pp.1062–1072. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.06.003>.
55. Ljosa C.H., Tyssen R., Lau B. Mental distress among shift workers in Norwegian offshore petroleum industry: Relative influence of individual and psychosocial work factors // *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 2011, vol.37, no.6, pp.551–555. DOI: 10.5271/sjweh.3191;
56. Wulsin L, Alterman T, Timothy Bushnell P, Li J., Shen R. Prevalence rates for depression by industry: a claims database analysis // *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 2014, vol. 49, no.11, pp.1805–1821. doi: 10.1007/s00127-014-0891-3.
57. Chan M. Fatigue: The most critical accident risk in oil and gas construction // *Construction Management and Economics*, 2011, vol.29, no.4, pp.341–353.
58. Sadeghniaat-Haghighi K., Yazdi Z. Fatigue management in the workplace // *Industrial Psychiatry Journal*, 2015, vol.24, no.1, pp.12–17. doi: 10.4103/0972-6748.160915;
59. Gabriel M., Otaroghene P., Dinges D. Industrial Fatigue: A Workman’s Great Enemy // *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 2018, vol.20, no.10, pp.9–14.
60. Occupational safety and health and skills in the oil and gas industry operating in polar and subarctic climate zones of the northern hemisphere. 2016. www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/--sector/documents/publication/wcms_438074.pdf;
61. Health aspects of work in extreme climates. IPIECA. OGP. 2009. www.ipieca.org/resources/good-practice/health-aspects-of-work-in-extreme-climates/
62. Global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases. Resolution (WHA 53.14) was adopted by the World Health Assembly. 2000. www.who.int/nmh/publications/wha_resolution53_14/en/.
63. Gan Y. et al. Shift work and diabetes mellitus: A meta-analysis of observational studies // *Occupational and Environmental Medicine*, 2015, vol.72, no.1, pp.72–78.
64. Dembe A.E. Ethical Issues relating to the health effects of working hours // *Journal of Business Ethics*, 2009, vol.84, no.2, pp.195–208. DOI 10.1007/s10551-008-9700-9.
65. Controlling Health Risks at Work: A Roadmap to Health Risk Assessment in the Oil and Gas Industry,

- IPIECA/OGP, 2006.
www.pdo.co.om/hseforcontractors/Health/Documents/HRAs/HRAIPIECA.pdf
66. Ma Y.W., Chen J.L., Chang Y.Y. Cloud computing technology for the petroleum application / 18th International Conference on Advanced Communication Technology, 2016, pp.101–104
 67. Nadj M., Jegadeesan H., Maedche A., Hoffmann D., Erdmann P. A Situation Awareness Driven Design for predictive Maintenance Systems: the Case of Oil and gas Pipeline Operations / Proceedings of the 24th European Conference on Information Systems, 2016, pp.1–10.
 68. Creating & Managing the Intelligent Field // A Supplement to E&P Magazine www.emerson.com/documents/automation/creating-managing-intelligent-field-en-us-59878.pdf
 69. Marquez R. Real-time tracking & monitoring for a smart safety environment, March 27, 2018. www.ishn.com/articles/108193-real-time-tracking-monitoring-for-a-smart-safety-environment.
 70. Thibaud M., Chi H., Zhou W., Piramuthu S. Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review // Decision Support Systems, vol.108, no.2, pp.79–95. doi.org/10.1016/j.dss.2018.02.005.
 71. Взаимодействие с каждым специалистом для обеспечения гибкости и высокой эффективности вашего производства. www.emerson.com/documents/automation/metran-ru-ru-62096.pdf].
 72. Здоровье человека как ценность и его определяющие факторы. <https://cyberleninka.ru/article/n/zdorovie-cheloveka-kak-tsennost-i-ego-opredelyayuschie-factory>
 73. Warshaw L.J., Messite J. Сохранение и укрепление здоровья по месту работы: обзор. Документ из ИПС «Кодекс», 2018. <http://base.safework.ru/iloenc?print&nd=857400220&nh=0&spack>.
 74. SOCAR reports (2017). www.socar.az/socar/assets/documents/az/socar-annual-reports/illik-hesabat-2017.pdf.
 75. Аббасова Н. Нефть: вчера, сегодня, завтра // Азербайджанский журнал об экономике, финансах и бизнесе, 2017. www.wem.az/ru/news/tendentsi-biznesa/6933.html.
 76. BP продлила контракт с подрядчиком по управлению нефтяной платформой в Азербайджане. Баку, Trend, 28 марта 2017. www.trend.az/business/energy/2735503.html
 77. Martinotti S., Nolten J., Steinsbo J.A. Digitizing Oil and Gas Production. McKinsey & Company. August, 2014. www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/digitizing-oil-and-gas-production;
 78. Siemens Making the Digital Leap with Topsides 4.0. 2017, November. www.petroleum-economist.com/media/4221/topsides_40_whitepaper.pdf)
 79. Grange E.L. A Roadmap for Adopting a Digital Lifecycle Approach to Offshore Oil and Gas Production / Offshore Technology Conference, 30 April - 3 May, Houston, Texas, USA Publication Date 2018. DOI <https://doi.org/10.4043/28669-MS>
 80. Guo Y., Mohamed I., Abou-Sayed O., Abou-Sayed A. Cloud computing and web application-based remote real-time monitoring and data analysis: slurry injecticase study, Onshore USA //Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2018, no.7, pp.1–11.
 81. Яковлев В. Цифровая трансформация «Газпром нефти»: новые технологии индивидуализируют подход к индустриальным активам, 6 июня 2018. www.gazprom-neft.ru/press-center/lib/1686679/;
 82. Цифровизация нефтяной индустрии. Практические кейсы и примеры ведущих компаний. <https://sntat.ru/news/science/16-09-2019/tsifrovizatsiya-neftyanoj-industrii-prakticheskie-kejsy-i-primery-veduschih-kompanij-5650874>;
 83. Intel solutions for upstream Oil and Gas www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/oil-and-gas-iot-brief.pdf
 84. Alguliyev R.M., Mammadova M.H. Essence, opportunities and scientific problems of e-medicine // Problems of information society, 2017, №2, pp.3–19.
 85. Mammadova M.H., Jabrayilova Z.G. Electronic medicine: formation and scientific-theoretical problems, Baku: "Information Technologies" publishing house, 2019, 350 p.
 86. Kranenburg V.R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M. The internet of things // Proc. 1st Berlin Symp. Internet Soc. Germany, Berlin, October 25 – 28th 2011, pp.
 87. Wu M., Lu T.L., Ling F.Y., Sun J., Du H.Y. Research on the architecture of Internet of things / 3rd

International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, 20-22 Aug., Chengdu, China, 2010, vol.5, pp.484–487. DOI: 10.1109/ICACTE.2010.5579493

88. Ələkbərov R.Q., Həşimov M.A. Neft-qaz quyularının monitorinqində əşyaların interneti texnologiyalarından istifadə məsələləri // İnformasiya Texnologiyaları Problemləri, 2019, №:1, s.67–77.
89. Kukreja P., Sharma D. A Detail Review on Cloud, Fog and Dew Computing // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), 2016, vol.5, no.5, pp.1412–1420.
90. Farahani B., Firouzi F., Chang V., Badaroglu M., Constant N., Mankodiya K. Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare // Future generation computer systems-the international journal of escience, 2017, vol.78, pp.659–676. DOI: 10.1016/j.future.2017.04.036.

UOT 004.496

Məmmədova Məsumə H., Cəbrayilova Zərifə Q.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan
depart15@iit.science.az

Dəniz neft-qaz sənayesində növbəli işləyənlərin sağlamlığının idarə olunması sistemində insan faktoru

Məqalədə dəniz neft-qaz sənayesində növbəli işləyənlərin təhlükəsizliyinin və sağlamlığının idarə olunmasının effektivliyinin artırılması problemləri insan faktoru prizmasından şərh edilmişdir. Dəniz sektorunda ətraf mühitin spesifik cəhətləri, təhlükələr və risklər, əmək şəraiti və peşəkar fəaliyyət tədqiq olunmuşdur. Dəniz neft platformasında işləyən personalın təhlükəsizliyinin və sağlamlığının idarə olunması istiqamətləri müəyyənləşdirilmişdir. Göstərilmişdir ki, əməyin təhlükəsizliyi və sağlamlığın mühafizəsi üzrə ənənəvi sistemdə sağlamlıq üçün təhlükələr və onların aradan qaldırılması mexanizmləri ilə bağlı kifayət qədər bilik bazası toplansa da, bilavasitə insan faktoru ilə bağlı təhlükəsizlik və sağlamlıq məsələlərinə hazırda kifayət qədər diqqət ayrılmamışdır. İnsan faktoru kontekstində personalın təhlükəsizliyi və sağlamlığı probleminin vəziyyəti SOCAR-ın nümunəsində tədqiq olunmuşdur. Personalın təhlükəsizliyi və sağlamlığının idarə olunması üçün insan-mərkəzli yanaşma konsepsiyası təklif olunmuşdur. Bu yanaşmaya görə əhatə olunduğu mühitin kontekstində işçilər idarəetmənin əsas komponent kimi qəbul edilir. IoT texnologiyaları və e-tibb həllər bazasında işçilərin dəniz neft platformasında növbədə olduğu müddətdə onların sağlamlıq vəziyyətinin məsafədən fasiləsiz monitorinqi sisteminin funksional modeli işlənmişdir. Dəniz sənayesində növbəli işləyənlərin sağlamlığının paylanmış intellektual idarə olunması sisteminin arxitekturası və funksionallaşma prinsipləri təklif olunmuşdur.

Açar sözlər: dəniz neft-qaz sənayesi, insan-mərkəzli yanaşma, IoT, məsafədən fasiləsiz monitorinq sistemi, sağlamlığın intellektual idarə olunması sistemi.

Masuma H. Mammadova, Jabrayilova G. Zarifa

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan
depart15@iit.science.az

Human factor of an health management system for shift workers in offshore oil and gas industry

The article highlights the problems of improving the efficiency of safety and health management of shift workers in offshore oil and gas industry through the prism of the human factor. It explores the specific features of the environment, hazards and risks, working conditions and professional activities in the offshore sector. The trends of safety and health management of personnel employed on offshore oil platforms are emphasized. Despite the sufficient elaboration of the knowledge base about the health hazards and mechanisms for their elimination in the traditional system of occupational safety and health protection, the safety and health issues directly related to the human factor have not been sufficiently studied so far. The status of the problem of safety and health of personnel in the context of the human factor is studied on the example of SOCAR. The concept of a person-centered approach to the personnel safety and health management is proposed, implying the inclusion of employees in the control loop as the main component in their contextual environment. Based on IoT technologies and e-health solutions, a functional model of a system for continuous remote monitoring of the health of workers during their shift on offshore oil platforms is developed. The architecture and principles of functioning of a distributed intelligent health management system for shift workers in offshore industry are proposed.

Keywords: offshore oil and gas industry, person-centered approach, IoT, continuous remote monitoring system, intelligent health management system.