

OSH Challenges for Oil and Gas Companies in the Arctic Zone of the Russian Federation

Обеспечение безопасности труда на нефтегазодобывающих предприятиях в условиях Арктической зоны Российской Федерации

Andrei Nikulin^{1*}, Dmitry Ikonnikov¹, Anni Nikulina¹, Iliya Dolzhikov¹,
Eva Mračková^{2*}

¹ Saint-Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Technical University in Zvolen, Zvolen, Slovakia

* Corresponding author: nikulin_an@pers.spmi.ru

Review

Received: December 04, 2018; Accepted: December 12, 2018; Published: December 31, 2018

Abstract

The Arctic zone of the Russian Federation holds significant mineral wealth. However, the development of hydrocarbon resources involves natural and industrial harms and hazards such as high air humidity (90%), strong wind (up to 25 m/s), air temperature of -70°C, as well as fire and explosion hazardous environment, toxic and harmful substances, increased noise, and vibration. The article addresses workplace conditions for oil and gas production operators in an oil and gas company located in the Arctic zone. A special focus of such conditions is on personal protective equipment (PPE). 10% to 15% of all fatalities are the result of lack, failure to use, or technical faults of PPE. The article addresses organisational and technical solutions aimed at controlling the use of personal protection for the head, which is a safety helmet by employees. The device helps to record cases of failure to wear the safety helmet transparently and transmit this information for processing to the dispatcher. The article reviews ways of adding technical gear to PPE to control employees in various industrial environments to prevent any safety non-compliance.

Keywords: Occupational Safety and Health; smart PPE; industrial safety helmet; Arctic zone; accident.

1 Introduction

The analysis of the meteorological information on temperatures in Russia's Arctic regions revealed that probable temperature conditions are as low as -70°C [1]. Other natural and industrial harms and hazards for oil and gas companies include: high air humidity (90%), strong wind (up to 25 m/s), fire and explosion hazards, as well as toxic and harmful substances [2]. Additional issues are caused by icing of equipment external surfaces, floor surfaces in the work areas and stairs, noise, vibration of production equipment, and a long polar night. Exposure to natural and industrial

1 Введение

Анализ метеорологической информации о температурном режиме в регионах Арктической зоны России показал, что вероятными температурами пребывания и жизнедеятельности человека являются температуры, достигает -70°C [1]. Помимо этого, опасными и вредными природно-производственными факторами для нефтегазовых компаний являются: высокая влажность воздуха (90 %), сильный ветер (до 25 м/с), пожаровзрывоопасные условия, токсичные и вредные вещества [2].

harms and hazards lay ground for occupational diseases, injuries, and emergencies. The last-inch protection for employees at oil and gas companies is personal protective equipment. However, its use in the Arctic zone is less effective due to increased discomfort during use. Let us consider the case of NOVATEK – Yurkharovneftegaz company, a major subsidiary of PAO NOVATEK. It employs about 1,000 people, including 800 workers. Oil and gas production operators are most exposed to industrial risks. The noise exposure during the operation of compressor units reaches 100 dBA (with the maximum allowable level (MAL) of 80 dBA). It should be mentioned that with industrial noise intensity of 85 dBA, occupational sensorineural hearing loss is diagnosed in 5% of employees, while with industrial noise intensity of 90 dBA, 100 dBA, and 110 dBA, this figure is 10%, 12%, and 34%, respectively [3].

During a work shift, an oil and gas production operator exercises remote control of compressor units, moves across the industrial site, and exercises visual control of equipment operation in machine halls (Fig. 1).

Дополнительные проблемы вызываются обледенением (наружных поверхностей оборудования, поверхности пола рабочих зон, лестниц), шумом и вибрациями производственного оборудования, продолжительной полярной ночью. Воздействие опасных и вредных природно-производственных факторов создает предпосылки для возникновения и развития профессиональных заболеваний, травматизма и аварийных ситуаций.

Последним рубежом защиты работников нефтегазодобывающих предприятий являются средства индивидуальной защиты. Однако в условиях Арктической зоны их применение снижает свою эффективность из-за повышенного дискомфорта при применении. Одним из примеров подобных предприятий является компания ООО «НОВАТЭК – Юрхаровнефтегаз», которая является одним из крупнейших дочерних газодобывающих предприятий ПАО «НОВАТЭК». На этом предприятии трудятся около 1000 человек, из которых 800 на рабочих специальностях. Наиболее подверженным производственным рискам является профессия оператора добычи нефти и газа. При работе компрессорных установок уровень шумового воздействия достигает 100 дБА (предельно-допустимый уровень (ПДУ) шума составляет 80 дБА). Стоит отметить, что при интенсивности производственного шума в 85 дБА профессиональная нейросенсорная тугоухость выявляется у 5% работников, при 90 – у 10%, при 100 – у 12%, при 110 дБА – у 34% [3].

В течение рабочей смены оператор добычи нефти и газа осуществляет дистанционный контроль работы компрессорных установок, передвигается по территории предприятия и осуществляет визуальный контроль работы оборудования в машинных залах (Рис. 1).



Fig. 1 Workplaces of an oil and gas production operator: *a)* industrial site, *b)* operator's room, *c)* machine hall

Рис. 1 Рабочие места оператора добычи нефти и газа: *a)* территория предприятия, *b)* операторная, *c)* машинный зал

The oil and gas production operator's duties include equipment inspection every two hours during a work shift. It means that half of his/her work time, the operator stays outside. The Yurkharovskoye oil, gas, and condensate field is situated in the Arctic zone where winter lasts nine months with an average temperature of -41°C [4,5]. Sound levels measured in the oil and gas production operator's workplace in 2016 are summarised in Tab. 1.

В обязанности оператора по добыче нефти и газа входит осмотр оборудования каждые 2 часа рабочей смены, таким образом, половину рабочего времени проходит вне помещений.

Юрхаровское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Арктической зоне, где продолжительность зимы составляет 9 месяцев со средней температурой -41°C [4,5].

Результаты измерения уровней звука на рабочем месте оператора добычи нефти и газа, произведенные в 2016 году, представлены в Таб. 1.

Tab. 1 Noise level in the oil and gas production operator's workplace

Таб. 1 Уровень звука на рабочем месте оператора добычи нефти и газа

Workplace / Рабочее место	Sound level (dBA) / Уровень звука, (дБА)	Exposure time (h) / Время воздействия (ч)
Operator's room / Операторная	55	3
Machine hall 1 / Машинный зал №1	98	0.3
Machine hall 2 / Машинный зал №2	100	0.2
Machine hall 3 / Машинный зал №3	89	0.2
Industrial site / Территория предприятия	85	2

Employees receive such head and hearing protection as a winter fur cap with ear-flaps, a safety helmet, headphones, and ear plugs. The survey of the convenience and effectiveness of the use of such personal protective equipment among operators showed that a safety helmet could be worn with a winter fur cap, but headphones had low efficacy in that case. Employees leave their safety helmets behind

Для защиты головы и органов слуха работнику выдаются следующие средства индивидуальной защиты: меховая шапка-ушанка, защитная каска, головные наушники и ушные вкладыши. Проведенный опрос оператор на предмет удобства и эффективности использования подобных средств индивидуальной защиты показал, что одновременное использование

when they move across the industrial site which is non-compliance of occupational health and safety. When inspecting equipment in the machine hall, employees take off their fur winter cap with ear flaps and put on a safety helmet with protective headphones. But it should be mentioned that the air temperature in the machine hall can be as low as -10°C , which makes it uncomfortable to stay there without fur winter caps on. Therefore, it can be concluded that the employees of this company need a better choice of convenient and easy-to-use personal protective equipment, which use should be controlled on a regular basis.

The choice of devices to control the use of head protection, i.e. a safety helmet, is not that wide. Firstly, it includes visual contact with an employee who has relevant functions or control by workmates [6-8]. Very often, we must rely solely on the conscientiousness and instinct of self-preservation of an employee [9]. But current technologies offer several solutions and one of them is the use of video surveillance systems and automatic recording of violations. But both have their faults. For example, they miss a significant portion of information on offenders as a safety specialist (or even more than one) cannot be simultaneously present at all sites where a safety helmet must be worn [10]. Furthermore, video material processing, even using computer logics for video data arrays, is a rather costly and technically complex process. As a result, some important information on offenders slips away [11-13].

Therefore, a very relevant challenge is to develop a set of organisational and technical measures aimed at improving work culture, reducing an injury rate and minimising conditions for occupational diseases of oil and gas production operators at industrial sites in the Arctic zone through the proper control of PPE use.

защитной каски и шапки-ушанки возможно, но при этом применение наушников становится малоэффективным. Работники стараются не одевать защитную каску при передвижении по территории предприятия, чем нарушают правила охраны труда. При осмотре оборудования в машинном цехе они снимают шапку-ушанку и одевают каску с защитными наушниками. Однако стоит отметить, что температура воздуха в машинном цехе может опускаться до -10°C , что делает крайне дискомфортным нахождение в таком помещении без шапки ушанки. Таким образом, можно сделать вывод, что для работников данного предприятия необходимо более внимательно подобрать удобные в использовании средства индивидуальной головы и обеспечить контроль их применения.

Существует не так много средств для контроля ношения средств защиты головы – защитной каски. В первую очередь это визуальный контакт с работником контролирующих служб или контроль коллег [6-8]. Часто опираться приходится лишь на сознательность и чувство самосохранения у работника [9]. Так современные технологии предлагают ряд решений. Одно из них – это контроль с помощью систем видеонаблюдения и автоматической фиксации нарушения. Но, как и первое средство, так и второе имеют недостатки, например, упускается существенная часть информации о нарушителях в связи с невозможностью одновременного нахождения специалиста (или даже несколько) по охране труда во всех помещениях или площадках, где требуется ношение каски [10]. Кроме того, обработка видеоматериала, даже если используются системы компьютерной логики для обработки массива видео данных весьма затратный и технически сложный процесс. И как результат ускользает важная информация о нарушителях [11-13].

2 Material and Methods

To control the use of personal head protection, which is a safety helmet, it is proposed to combine it with a system designed to control its use. When developed, this technical device will enhance human safety in the workplace using a transparent intellectual support system.

The review of similar devices shows that there is no equivalent intellectual personal protective equipment. We are aware of a safety helmet design (patent US # 5603117 A, published on February 18, 1997) including a safety helmet with a size-adjustable internal gear system. It also includes a safety face shield for users and a communication headset. The headset supports communication between users connected into a system. Structurally, the use of head protection (safety helmet) can be controlled with an inbuilt headset through verbal contact.

We know of a system combining a safety helmet and a communication system (patent It consists of a safety helmet and an attached communication system with a headset to connect several users in a network. The system supports information exchange by users located at a significant distance from each other and in conditions that make communication difficult.

We know of Nand Logic Smart Helmet, a "smart" helmet" for people going in for extreme sports. It consists of a safety helmet and an inbuilt electronic device. The electronic device contains many modules such as wireless Bluetooth connection, a GPS receiver, SD-card slot, stereophonic speakers, a battery, cameras to record visual environment around the user, an accelerometer, a gyro sensor, light, temperature, and humidity sensors, as well as LEDs for information display.

There is a safety helmet with electronic protection (patent RF # 2438539, published on January 10, 2012) which contains a shell with hard outer casing, hard inner casing attached to the outer casing with a cavity in between, a structure that absorbs any impact between the internal casing and the user's head when the

Следовательно, разработка организационно-технических мероприятий, направленных на повышения культуры труда, снижения уровня травматизма и сведение к минимуму условий для развития профессиональных заболеваний оператора добычи нефти и газа на производственных объектах арктической зоны путем контроля применения средств индивидуальной защиты является весьма актуальной задачей.

2 Материалы и способы

Для контроля ношения средства индивидуальной защиты головы – каски предлагается объединить с системой контроля её использования. Разработка такого технического устройства позволит повысить безопасность человека на производстве с помощью прозрачной системы интеллектуальной поддержки. Обзор аналогичных устройств показывает отсутствие аналогов в области интеллектуальных средств индивидуальной защиты. Известна конструкция конструкции защитной каски (патент US № 5603117 A, US #5404577 A, published on April 04, 1995). опубл. 18.02.1997), которая включает саму каску с регулируемой по размерам пользователя системой внутренней оснастки. Кроме того, в данную конструкцию входит защитная маска для лица пользователя и переговорная система типа гарнитура. Гарнитура позволяет осуществлять коммуникацию пользователей, соединенных в систему. Конструктивно контроль использования пользователем средства защиты головы – каски может осуществляться с помощью встроенной гарнитуры путем вербального контакта.

Известна совмещенная система защитной каски и системы коммуникации (патент US №5404577 A, опубл. 04.04.1995). Данная система состоит из самой защитной каски и крепящейся в её конструктиве системы коммуникации с гарнитурой, которая позволяет объединить в коммуникационную сеть несколько

safety helmet is on, and an integrated electronic system which contains a microphone and a loud-speaker in the specified cavity of the subsystem.

However, the user's safety can be improved, and technical means of safety helmet use control can be developed with a design consisting of a safety helmet and automatic operation control. The device is attached to the external backside of the safety helmet. It helps to automatically control compliance with the rules for safety helmet operation (use) at the industrial site.

3 Results and Discussion

The safety helmet with automatic operation control consists of a safety helmet shell 1 (Fig. 2) and additional elements attached thereto. Internal frontal and side surfaces of the safety helmet shell (1) are equipped with rigidly fixed LEDs (6) (Fig. 3). LEDs (6) are connected to the connector pin (10) on the support assembly (7) by conductors (5). The connector pin (10) of the support assembly is connected to the connector pin (10) of the device (3) to supply electrical driving voltage to the LEDs (6).

пользователей. Система позволяет обмениваться информацией пользователям, находящимся на значительном удалении друг от друга и в условиях, затрудняющих осуществления коммуникации.

Известен «Nand Logic Smart Helmet» - «умный» шлем для людей, занимающихся экстремальными видами спорта. Данная конструкция состоит из каски и установленным в ней электронным устройством. Электронное устройство содержит множество модулей, таких как беспроводной связи Bluetooth; приёмник навигационной системы GPS; слот для SD-карты; стереофонические динамики; аккумуляторная батарея, камеры для съёмки визуальной обстановки вокруг владельца, акселерометр, гироскоп, датчики освещённости, температуры и влажности, а также средство отображения информации - светодиодные индикаторы.

Известен шлем с электронной защитой (патент РФ № 2438539, опублик. 10.01.2012), который содержит корпус, имеющий жесткую наружную оболочку, жесткую внутреннюю оболочку, прикрепленную к наружной оболочке с образованием между ними полости, и поглощающую удары структуру, расположенную между внутренней оболочкой и головой пользователя при надетом шлеме, и интегрированную электронную систему, которая содержит микрофон и громкоговоритель и расположенные в указанной полости подсистемы.

Однако повышение безопасности пользователя и создание технического средства контроля применения обеспечивается созданием конструкции, состоящей из самой защитной каски и устройства автоматического контроля эксплуатации. Устройство крепится на тыльной стороне защитной каски, с её внешней стороны. Устройство позволяет автоматически контролировать соблюдение правил эксплуатации (использования) защитной каски пользователя на производстве.

3 Результаты и обсуждение

Защитная каска с устройством автоматического контроля эксплуатации состоит из корпуса каски 1 (Рис. 2) и дополнительных элементов, закреплённых на данном корпусе. На внутренних фронтальной и боковых поверхностях корпуса каски 1 жёстко закреплены светодиоды 6 (Рис. 3). Светодиоды 6 с помощью проводников 5 соединены с контактами разъёма 10, который расположен на ложементе 7. Контактный разъём 10 ложемента находится в соединении с контактным разъёмом 10 устройства 3, что обеспечивает подачу электрического управляющего напряжения на светодиоды 6.

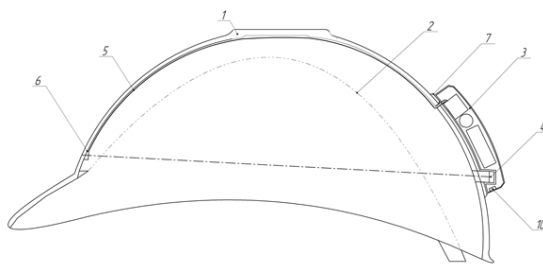


Fig. 2 General view of the safety helmet with automatic control. Side view.

Рис. 2 Общий вид защитной каски с устройством автоматического контроля. Вид сбоку.

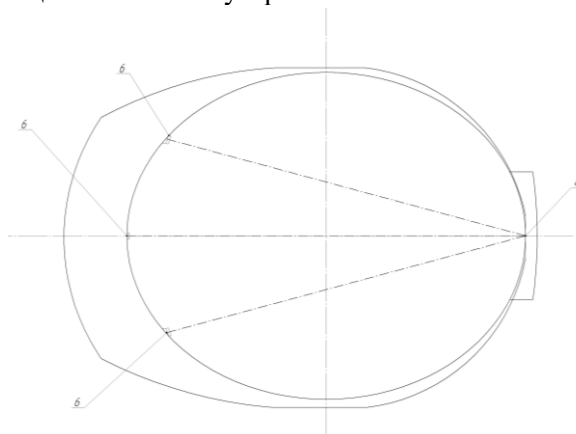


Fig. 3 General view of the safety helmet with automatic control. Top view.

Рис. 3 Общий вид защитной каски с устройством автоматического контроля. Вид сверху.

The support assembly (7) for quick mounting and fixation of the device (3) is rigidly secured to the external backside of the safety helmet shell. The support assembly (7) and the body of the device (3) are made of durable

На корпусе каски, с тыльной внешней стороны, жёстко закреплён ложемент 7, обеспечивающий оперативную установку и фиксацию устройства 3. Ложемент 7 и корпус устройства 3 изготовлены из

plastic. The body of the device (3), shell of the safety helmet (1) and support assembly (7) have matching access holes to output light from the LEDs (6) to the photoelectric receiver (4).

The device functions as follows. The first sensor group consists of optoelectronic sensors and controls whether the user's head is in the safety helmet. The second sensor group prevents the user from falsifying the use of his/her safety helmet and is a motion sensor, an accelerometer.

During operation, the device records temporary parameters for safety helmet use and enables to identify a user disregarding the rules. Whenever necessary, the device can be equipped with additional modules to expand its functions.

This design is easy to manufacture on a large-scale as a universal free-standing unit mounted on the external surface of a safety helmet of any design with a support assembly combining the safety helmet and automatic control device into a single system.

4 Conclusions

According to statistics, 10% to 15% of all fatalities in Russia are the result of lack of, to use, or technical faults of personal protective equipment. Incorrect choice and misuse of PPE cause 30% of all chronic occupational diseases [14].

One of the ways to improve current PPE provision and use controls is to install sensors to record the period and nature of use. The focus is on monitoring the use by employees of personal head protection, namely a safety helmet.

The practical value of this solution for facilities in the Arctic zone is improved occupational health and safety, reduced injury and occupational disease rate.

Acknowledgments

The research was funded by the Russian Scientific Foundation, Project No. 17-78-20145, Social and Economic Levers for Mobilizing Human Resources to the Arctic Region of the Russian Federation.

прочного пластика. В корпусах устройства 3, каски 1 и в ложементе 7 выполнены технологические отверстия совпадающие друг с другом и обеспечивающие доступ светового потока от светодиодов 6 к фотоприёмнику 4.

Устройство работает следующим образом. Первая группа датчиков – оптоэлектронные датчики, контролирует наличие головы пользователя в каске. Вторая группа датчиков не позволяет пользователю фальсифицировать её применения и представляет собой датчик двигательной активности – акселерометр.

В процессе эксплуатации устройство записывает временные параметры применения каски и позволяет идентифицировать пользователя – нарушителя. В необходимых случаях устройство может быть оборудовано дополнительными модулями с целью расширения его функций.

Данная конструкция легко воспроизводима в промышленном производстве в форме универсального автономного блока, устанавливаемого на наружной поверхности защитной каски различной конструкции с помощью ложементов, объединяющего каску и устройство автоматического контроля эксплуатации каски в единую систему.

4 Заключение

Согласно статистическим данным в России от 10 до 15% всех травм со смертельным исходом, происходит из-за отсутствия, неприменения или технического несовершенства средств индивидуальной защиты. Неправильный выбор и применение средств защиты в 30% случаев являются причиной возникновения хронических профзаболеваний [14].

Одним из путей совершенствования современной системы контроля выдачи и применения СИЗ является техническое оснащение датчиками, фиксирующими период и характер их использования. Особое место занимает контроль применения работниками средств индивидуальной защиты головы – защитной каски.

Практическая ценность данного решения для объектов арктической зоны заключается в повышении уровня охраны труда, сокращение числа случаев травматизма и профзаболеваний.

Признательность

Исследование финансировалось Российским научным фондом, проектом № 17-78-20145, «Социальные и экономические рычаги для мобилизации людских ресурсов в Арктический регион Российской Федерации».

References / Литература

- [1] Kolesnik IV, Stefanova EB. 2015. New technologies in the design of personal protective equipment for the conditions of development of the Arctic. Modern problems of science and education. (02 December 2018; <http://science-education.ru/ru/article/view?id=17198>)
- [2] Lebedeva EO, Matuzova SY. 2014. Regulatory framework in design of special protective clothing for the staff at oil and gas producing facilities of Arctic shelf. Fundamental research, volume 6: 928-931.
- [3] Kosarev VV, Babanov SA. 2012. Professional neurosensory hearing loss. Breast Cancer (Russian Medical Journal), 31:1556 -1560.
- [4] Korycki R, 2002. The Damping of Off-Central Impact for Selected Industrial Safety Helmets Used in Poland. JOSE. .8- 1: 51-70.
- [5] Kruk MN, Nikulina AYU, Guryleva NS, Cherepovitsyn AE. 2018. Opportunities for improving the corporate social responsibility programs for metallurgical companies in the Arctic. Non-ferrous Metals. 4: 3-6. DOI: 10.17580/nfm.2018.01.01.
- [6] Baszczynski K, 2002. Industrial safety helmets – protection of the head against side impact. Occupational Safety. 5: 10-13.
- [7] Parsons KC. 2007. Protective clothing: heat exchange and physiological objectives. Ergonomics. 31:7,991-1007. DOI: 10.1080/00140138808966738
- [8] Zhigalova TM. 1991. About heat and moisture exchange with between humans wearing special clothes and the environment. News of Higher Educational Institutions. Light Industry Technology. 4: 55-60.
- [9] Sorokin YuG. 2007. Personal protective equipment. Textbook. Moscow. 288 p.
- [10] Batmanov VP, Barsukov OK. 2017. Laser and optic device to determine dust concentration and distribution of dust particles in the workplace air. Zapiski Gornogo instituta. 203:146-149.

- [11] Morel A, Bedek G, Salaün F, Dupont D. 2014. A review of heat transfer phenomena and the impact of moisture on firefighters' clothing and protection. *Ergonomics*. 57:7, 1078-1089, DOI: 10.1080/00140139.2014.907447
- [12] Kovshov S, Istomin R, Nikulin A, Sotiriu A. 2014. Industrial injuries appraisal in mines of JSC “SUEK Kuzbass”. *Advanced Materials Research*. 1001: 414–420.
- [13] Nikulin A, Nikulina AYu. 2017. Assessment of occupational health and safety effectiveness at a mining company. *Eco. Env. & Cons*. 23 (1): 533-537.
- [14] Kazakov BP, Levin LYu, Shalimov AV, Zaitsev AV. 2017. Development of energy-saving technologies providing comfortable microclimate conditions for mining. *Zapiski Gornogo instituta*. 223:116-124. DOI: 10.18454/PMI.2017.1.116