

# ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА. ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

УДК 628.517

А.Л. Терехов, д.т.н., профессор, ООО «Газпром ВНИИГАЗ» (Москва, РФ),  
A\_Terekhov@vniigaz.gazprom.ru

Одним из основных вредных факторов, воздействующих на работников предприятий бурения, является шум. Шум высокой интенсивности имеет специфические особенности влияния на живой организм человека, в период трудовой деятельности работников развивается профессиональная болезнь легкой и средней тяжести с потерей профессиональной трудоспособности, растет хроническая патология. Исследование шума показало, что применение установок бурения обуславливает недопустимые профессиональные риски. Для повышения безопасности работы персонала необходимо на стадии проектирования разработать мероприятия по снижению шума. Для решения вопроса целесообразности внедрения мероприятий необходимо произвести акустическое обследование. Автором обследованы 9 буровых установок двух наиболее типовых моделей и установлены закономерности генерации и распространения шума.

Проблема защиты работников от шума буровых установок является технически и организационно сложной задачей, поэтому она должна решаться путем осуществления комплекса мероприятий с учетом технических возможностей и затрат на его снижение. В современной акустике существует несколько путей решения этой проблемы: снижение шума в источнике, рациональная планировка предприятий и цехов, а также использование «звукозащитных» материалов при оборудовании помещений, особенно в производственной зоне. Рассмотрены известные мероприятия по снижению интенсивности шума выявленных источников. В статье доказано, что применение приведенных рекомендаций по снижению шума позволяет снизить профессиональные риски на буровых установках до допустимого уровня.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** БУРОВАЯ УСТАНОВКА, АКУСТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ, МЕХАНИЗМ ГЕНЕРАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ШУМА, СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, СНИЖЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ДО ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ.

Более 30 % рабочих мест на предприятиях бурения характеризуются вредными условиями труда [1, 2]. Одним из основных вредных факторов, воздействующих на работников предприятий бурения, является шум.

Как видно из данных рис. 1, рабочие места с вредными условиями труда по шуму составляют более 60 % от всех рабочих мест с вредными условиями труда [1, 2].

Даже при работе в условиях сурового арктического климата шум остается одним из основных вредных производственных факторов [3].

Под воздействием интенсивного шума из-за рассеянного внимания работников имеют вероятность

остаться незамеченными инциденты на технологическом оборудовании. В результате этого могут произойти производственные травмы, а инцидент – перерасти в техногенную аварию [4]. Экспертиза результатов специальной оценки условий труда на предприятиях бурения показала, что на многих рабочих местах основных профессий условия труда по шуму классифицируются как класс 3.3 [2].

Анализ литературных источников [5–9] позволяет сделать вывод о том, что шум высокой интенсивности имеет специфические особенности влияния на живой организм человека, которые проявляются в функциональных и морфологических изменениях различных

систем, органов, тканей и клеток. Это влияние зависит от уровня и времени воздействия шума.



Рис. 1. Распределение неблагоприятных условий труда по воздействию на персонал негативному фактору

**Terekhov A.L.**, Doctor of Engineering Science, Professor, Gazprom VNIIGAZ, LLC (Moscow, RF), A\_Terekhov@vniigaz.gazprom.ru

### Occupational safety and human ecology. Increasing personnel safety when operating drilling units

One of the main harmful factors affecting personnel of drilling enterprises is noise. A high-intensity noise has a specific impact upon a human body such as: during the labor period of personnel, minor and moderate occupational diseases resulting in occupational incapacity are developed, chronic pathologies increase.

Noise studies showed that the use of drilling units is responsible for unacceptable occupational risks. To increase the operational safety of personnel, it is necessary (at the stage of project design) to develop measures to decrease noise. To solve the matter on the expediency of implementing such measures, it is necessary to perform an acoustic examination. The author examined 9 drilling units of two standard models and established patterns of noise generation and distribution.

The problem of protecting personnel from noise emitted from drilling units is a complex task from engineering and organizational points of view, therefore it should be solved by taking a set of measures with due regard for engineering capabilities and expenses on its decrease. Modern acoustics has several ways to solve this problem: decreasing noise in the source, reasonable planning of enterprises and production facilities, as well as the use of noise enclosure materials that decrease the noise density in identified sources. The article proves that the use of the said recommendations on decreasing noise decreases occupational risks at drilling units to the acceptable level.

**KEY WORDS:** DRILLING UNIT, ACOUSTIC EXAMINATION, NOISE GENERATION AND DISTRIBUTION MECHANISM, PROTECTION MEANS, DECREASE OF OCCUPATIONAL RISKS TO THE ACCEPTABLE LEVEL.

В руководстве [10] приведены сведения о том, что при работе персонала в условиях класса 3.3 в период трудовой деятельности работников развивается профессиональная болезнь легкой и средней тяжести с потерей профессиональной трудоспособности, растет хроническая патология. Шум как вредный производственный фактор включен в Перечень производств, профессий и работ с вредными условиями труда [11]. Персонал, работающий в условиях интенсивного шума, получает компенсации и льготы за вредные условия труда [12].

На основании рисунков работы [13] можно сделать вывод (который не сделали авторы публикации) о том, что источники шума на буровых являются источниками высокоинтенсивного механического, аэродинамического, гидродинамического и электромагнитного шума с инфразвуковой составляющей, поэтому на ряде рабочих мест персонал подвергается одновременно влиянию двух вредных производственных факторов: шума и инфразвука. Сочетание влияний шума и инфразвука приводит к специфическим особенностям их неблагоприятного действия на человека.

У работающих выявлены заболевания, характерные как для шума, так и для инфразвука. Степени риска развития нейросенсорной тугоухости (профессиональное заболевание) и артериальной гипертензии (производственно обусловленное заболевание) увеличены. Вероятность развития патологии органа слуха выше значений, установленных ISO 1999:1990, что указывает на потенцирующий эффект неблагоприятного действия этих физических факторов [6].

В ПАО «Газпром» применяется отраслевой стандарт СТО Газпром 18000.1-002-2014 [14], который обязателен к применению на корпоративных объектах. В стандарте приведена методика количественной субъективной оценки профессиональных рисков. Стандарт определяет порядок идентификации опасностей, оценки рисков, оформления результатов оценки рисков и разработки мероприятий, направленных на снижение или исключение рисков в структурных подразделениях,





Рис. 2. Схема буровой установки



Рис. 3. Внешний вид буровой установки

дочерних обществах и организациях ПАО «Газпром». Проведенная оценка рисков по методике этого стандарта для персонала, обслуживающего буровую установку БУ 3000, показала, что из-за интенсивных уровней шума профессиональные риски для всех

рабочих мест являются недопустимыми. Таким образом, управление профессиональными рисками, обусловленными интенсивным шумом, является актуальной задачей, решение которой дает значительный материальный и социальный эффект за счет снижения уровня

производственного травматизма, профессиональных заболеваний, вероятности техногенных аварий и катастроф [15].

Для повышения безопасности работы персонала буровых установок необходимо на стадии проектирования разработать мероприятия по снижению шума.

Буровая установка – это комплекс оборудования для проходки скважины, включающий буровую вышку, оборудование для механизации спускоподъемных операций, оборудование для бурения, силовой привод, циркуляционную систему бурового раствора, вышеперечисленные сооружения.

Схема буровой установки приведена на рис. 2, ее внешний вид – на рис. 3.

Известно, что основные источники шума на буровой проявляют себя в насосном и емкостном отсеках и у блоков: компрессорного, силового, вышечного и дизельного [13].

Для решения вопроса целесообразности внедрения мероприятий по снижению шума необходимо произвести акустическое обследование буровых установок, оценить уровни шума на рабочих местах персонала, провести нормирование условий труда по шуму, выявить физическую природу основных источников шума и разработать мероприятия по снижению его неблагоприятного влияния на персонал.

Методика исследований заключалась в том, что в контрольных точках, соответствующих рабочим местам, замерялись уровни звуковых давлений в октавных полосах частот при одновременной работе как всех, так и отдельных блоков, а также при работе одного из элементов блока при остановленных остальных элементах. Измерения проводились прецизионным шумомером фирмы Брюль и Кьер, тип 2215 (Дания) [16].

Были обследованы 9 буровых установок двух наиболее типовых моделей. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Уровни шума во время пребывания персонала на рабочих местах буровых установок

Расположение рабочего места	Число операторов	Необходимое время работы, ч	Уровни шума, дБА	Допустимое время работы по СН, ч	Превышение уровня шума, дБА
Насосный отсек	1	2	88–90	1	2–4
Емкостный отсек	2	4–5	88–89	1	6–7
Компрессорный блок	1	0,5	98–101	0,1	6–9
Силовой блок	1	1	95–96	0,2	6–7
Вышечный блок	3	5–6	95–100	0,15	15–19
Дизельный блок	1	1	100–104	0,1	11–14

Анализ данных, представленных в табл. 2, позволяет сделать следующие выводы:

- условия труда на рабочих местах соответствуют вредным классам 3.2 и 3.3 по классификации [10];

- безопасное время работы персонала при существующих условиях труда в несколько раз меньше предусмотренного регламентом по эксплуатации;

- необходимая величина снижения шума в зависимости от расположения рабочего места достигает 19 дБА;

- неблагоприятному воздействию шума подвергается вся задействованная по регламенту бригада, численность которой не менее 9 человек.

Аналогичные измерения шума проводились авторами работы [13].

Авторами применялась та же методика измерений и аналогичная аппаратура, дополненная узкополосными фильтрами, что позволяло провести узкополосный анализ спектров шума. Было установлено как в [16], так и в [13], что:

- уровень шума на рабочих местах зависит от технологического режима, но при всех режимах работы значительно превышает требования санитарных норм;

- уровень шума на рабочих местах зависит от плотности и состава пласта, в котором происходит бурение;

- уровень шума зависит от технического состояния бурового станка.

Проблема защиты работников от шума на буровых установках

Таблица 2. Мероприятия по снижению шума подшипников

Мероприятия	Эффективность, дБ
Балансировка ротора	5–10
Устранение овальности колец, волнистости дорожек качения, овальности тел качения	До 15
Уменьшение диаметра и увеличения числа тел качения	До 15
Применение материалов с высоким демпфированием	3–4
Применение упругих вкладышей	10–12
Улучшение качества смазки в подшипниках скольжения	До 12
Увеличение класса точности подшипников	До 10
Замена подшипников качения подшипниками скольжения	10–20
Применение шариковых подшипников вместо роликовых	5–6

является технически и организационно сложной задачей, поэтому она должна решаться путем осуществления комплекса мероприятий с учетом технических возможностей и затрат на его снижение. В современной акустике существует несколько путей решения этой проблемы: снижение шума в источнике; рациональная планировка предприятий и цехов, а также использование звукозащитных материалов при оборудовании помещений, особенно в производственной зоне; снижение шума на путях его распространения (звукоизолирующие ограждения, кожухи, экраны и др.), использование средств индивидуальной защиты от шума [1].

Рассмотрим механизм возникновения шума на буровой и мероприятия по его снижению. Перечисленное выше оборудова-

ние буровой установки оснащено зубчатыми передачами, подшипниками, ротором, кулачковыми механизмами.

Шум механического происхождения возникает в результате динамических и упругих деформаций в сцеплениях машин и механизмов. Упругие деформации деталей приводят к вибрации узлов и элементов конструкции буровой, вызывая структурный шум. Интенсивность этого шума зависит от скорости соударения, материала деталей, точности изготовления отдельных элементов. Механизм возникновения механического шума был впервые исследован Е.Я. Юдиным, который обнаружил и доказал экспериментально зависимость интенсивности механического шума от скорости в степени 7/3 [17]. Для снижения шумности всех



механизмов бурового станка необходимы балансировка вращающихся деталей и максимальное повышение точности сопрягаемых элементов конструкции.

Механизм возникновения шума в зубчатых передачах подробно исследовался автором работы [18], который уточнил формулу Е.Я. Юдина [17] и экспериментально получил зависимость интенсивности шума зубчатой передачи от мощности нагрузки в первой степени и от скорости вращения в степени 2–2,5. Было установлено, что на характер динамических процессов в зубчатых передачах влияют такие факторы, как тип передачи, декремент затухания материала шестерни, число и форма зубьев, точность их изготовления и степень перекрытия.

Снижение интенсивности шума достигается: снижением окружной скорости вращения шестерни; нагрузкой на шестерни, применением шевронных шестерен; увеличением точности изготовления зубьев и увеличением их количества; повышением точности балансировки и центровки при сборке; применением материалов корпуса зубчатой передачи с высоким декрементом затухания.

Физическая природа шума подшипников обусловлена трением, соударением и вибрацией дета-

лей. Причинами возникновения интенсивного шума в подшипниках являются: механическая неуравновешенность вращающегося ротора, расцентровка муфты, неоднородность внутреннего кольца, асимметрия тел качения, волнистость дорожек качения в подшипниках качения, повышенное трение в подшипниках скольжения. Мероприятия по снижению шума подшипников приведены в табл. 2.

Снижение шумности подшипников достигается снижением скорости их вращения, нагрузки, установкой упругих вкладышей, применением вибродемпфирующих покрытий, увеличением класса точности подшипников, заменой подшипников качения подшипниками скольжения.

Основным источником шума ротора [18] является его дисбаланс. Источником дисбаланса ротора бурового станка является несовпадение главной оси инерции ротора с осью вращения. Перемещение оси вращения вала сопровождается перемещением его центра тяжести и возникновением инерционных сил, которые обуславливают возникновение акустической мощности, передающейся через опоры. Шумность ротора пропорциональна величине инерционных сил и возрастает с увеличением

массы ротора, эксцентриситета и скорости вращения. Снижение шума вращающихся роторов обеспечивается устранением их неуравновешенности.

Возникновение шума кулачковых механизмов обусловлено наличием переменных сил в контакте пары «ролик – кулачок» [18]. Снижение шума кулачковых механизмов достигается применением материалов с высокими демпфирующими свойствами, улучшением качества поверхностей контакта пары, уменьшением неравномерности движения и снижением интенсивности ударов.

Таким образом, общим методом снижения механического шума бурового станка являются: снижение скорости вращения деталей, снижение интенсивности соударений в результате повышения точности изготовления сопрягаемых элементов, снижение нагрузки на узлы, своевременный ремонт и замена изношенных узлов, применение малозумных деталей, применение материалов с высоким декрементом затухания.

Аэродинамический шум создается истекающими струями при их смешении с воздухом в результате турбулентных пульсаций в области смешения. Интенсивность аэродинамического шума, обусловленная квадрупольными элементарными источниками, зависит от скорости истечения струи в восьмой степени. Для снижения интенсивности шума известны два метода: снижение скорости истечения и установка глушителей абсорбционного или реактивного типа [1].

Аэродинамический шум вентиляторов имеет дипольный характер, возникает при обтекании потоком лопаток колеса вентилятора, является суммой интенсивностей вихревого шума и шума от неоднородности потока. Шумность вентилятора зависит от скорости вращения колеса в шестой степени, от его производительности и развиваемого давления, от точности профили-

рования профилей лопаток колеса и аэродинамических свойств проточной части [1]. Основным наиболее эффективным способом снижения шума лопаточной машины является снижение скорости вращения колеса при одновременном повышении коэффициента напора и расхода профиля, для чего применяют специальное профилирование профиля. Впервые этот метод был применен Е.Я. Юдиным [17]. Автором статьи этот метод был успешно применен для создания малозумных отопительных агрегатов с осевыми вентиляторами [19] и снижения шума центробежных нагнетателей [20]. Методы снижения напора и расхода приводят к потере эксплуатационных свойств и применяются редко. Подробно мероприятия по снижению шума лопаточных машин рассмотрены в работе [1].

Причиной электромагнитного шума являются пульсации электромагнитного поля, образующиеся в воздушном зазоре между ротором и статором. Эти пульсации вызывают звуковую вибрацию в статоре и роторе. Интенсивность генерируемого шума зависит как от площади излучателей ротора и статора, так и от их демпфирования. Для снижения интенсивности электромагнитного шума применяются капоты со звукопоглощающим внутренним покрытием [18].

Основными причинами гидродинамического шума являются кавитационный шум, возникающий в результате разрушения кавитационных пузырьков, заполненных газом, образование вихрей на элементах гидронасосов и шум от неоднородности потока. Для снижения вихревого шума и шума от неоднородности потока необходимо улучшить обтекание тел в потоке и уменьшить размеры обтекаемого тела.

Анализ результатов измерений интенсивности источников шума на буровых установках позволяет сделать вывод о широкополосном характере шума в насосно-ем-

костном блоке. В спектре шума в области низких частот прослеживается механический шум от соударения элементов вибросита и гидродинамический шум насосов, обусловленный срывом вихрей. Шум в области средних и высоких частот обусловлен электромагнитным шумом электродвигателей и аэродинамическим шумом их вентиляторов. Металлические балки и листы ограждения насосно-емкостного блока являются источниками структурного шума, который возбуждается от механического шума вибросита и от механического шума электродвигателей и насосов [18].

Шум компрессорного отсека имеет аэродинамическое происхождение и излучается как структурный звук через корпус компрессора.

В отсеке двигателя источниками шума являются электродвигатель, редуктор и лебедка. Шум электродвигателя обусловлен электромагнитным шумом ротора и статора, а также аэродинамическим шумом вентилятора. Шум редуктора и лебедки имеет механическое происхождение.

В зоне вышечного блока преобладает аэродинамический шум пневмомотора и пневматической распределительной системы (ПРС) автоматического бурового ключа (АБК), уровень звукового давления которого достигает 96–98 дБА. При выключенном АБК уровень шума

на рабочем месте бурильщика достигает 83 дБА.

Таким образом, исследование шума буровых установок показало, что их применение обуславливает недопустимые профессиональные риски для персонала. Для снижения интенсивного шума буровых станков известно достаточное количество мероприятий. Во всех блоках буровой установки можно значительно снизить уровень шума, применив при монтаже электродвигателей, редукторов, насосов и компрессоров вибродемпфирующие устройства. Ограничение передачи возбуждающих импульсов через основание и стены установки позволит эффективно использовать звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции внутри производственных помещений.

Для снижения шума вышечного блока необходимо установить глушители шума на выхлопе пневматического мотора [16]. Конструкции глушителей подробно рассмотрены в [21].

Для районов Крайнего Севера целесообразно максимально укрывать блоки буровой установки от экстремальных условий окружающей среды, поэтому большое практическое значение имеет применение звукопоглощающих и звукоизолирующих покрытий и облицовок, назначение которых – снижать интенсивность отраженных от ограждающих конструкций волн. Методика расчета



Таблица 3. Целесообразность применения средств защиты от шума на буровых

Наименование мероприятия	Целесообразность применения/эффективность, дБА, до
Снижение шума в источнике	Да/7
Рациональная планировка буровой	Да/3
Звукоизолирующие и звукопоглощающие конструкции	Да, при условии разработки негорючего акустического материала/15
Организационные мероприятия	Да/5
Средства индивидуальной защиты	Да/10
Применение демпфирующих устройств при сборке	Да/5
Применение абсорбционных и реактивных глушителей	Да/12

таких конструкций для предприятий ПАО «Газпром» и опыт их практического применения рассмотрены в [1], а также в [18].

Шум трубопроводов на буровой установке может быть снижен путем применения звукоизолирующих конструкций. Методика расчета таких конструкций приведена в [1, 22] и уточнена в [23]. Однако в настоящее время отсутствуют негорючие конструкции с высокими коэффициентами звукопоглощения и декрементами затухания. Импортные материалы «К-Флекс» и «К-Фоник» помимо дороговизны относятся к категории горючих материалов. Бельгийские материалы типа foamglass являются негорючими, но обладают низким коэффициентом звукопоглощения,

относятся к категории теплоизоляционных и крепятся горючим и токсичным клеем. Результаты исследований звукоизолирующих конструкций трубопроводов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» содержатся в [24].

Облицовка ограждающих конструкций звукопоглощающими материалами приведет к значительному снижению уровней шума в рабочих зонах на буровой установке, но для внедрения таких облицовок необходимо разработать негорючий материал с высоким коэффициентом звукопоглощения.

Уменьшить дозу шума, воспринимаемого обслуживающим буровую установку персоналом, возможно при целевой модернизации установки и введении но-

вого регламента буровых работ с сокращенным временем пребывания персонала в опасных по шумности условиях.

В соответствии с требованиями по технике безопасности на рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до предельно допустимого уровня техническими средствами или это невозможно по технико-эксплуатационным соображениям, следует применять средства индивидуальной защиты от шума [25].

Целесообразность применения средств защиты от шума на буровых установках с оценкой достижения эффекта снижения шума, воздействующего на персонал, приведена в табл. 3.

Из рассмотрения представленного выше материала следует, что в результате внедрения мероприятий табл. 3 возможно снижение профессиональных рисков на буровых установках до допустимого уровня.

Однако с учетом того, что одновременное действие шума и инфразвука на буровых установках сопровождается усилением их неблагоприятного влияния на человека, следует обратить особое внимание на организацию и разработку комплекса лечебно-профилактических мероприятий для данной категории персонала, работающего в системе ПАО «Газпром». ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Терехов А.Л., Дробаха М.Н. Современные методы снижения шума ГПА / Под ред. Р.О. Самсонова. – СПб., 2008. – 368 с.
2. Щепочкин С.В., Каширин А.Б. Анализ результатов экспертизы неустранимости вредных производственных факторов на рабочих местах ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2012. – № 9. – С. 81–83.
3. Терехов А.Л., Сохилл С. Создание здоровых и безопасных условий труда при работе на добычных нефтегазовых платформах арктического шельфа // Газовая промышленность. – 2011. – № 11. – С. 92–96.
4. Терехов А.Л., Сафонов А.Л. Повышение безопасности производственных процессов путем снижения шума трубопроводов // Труд и социальные отношения. – 2016. – № 4. – С. 163–174.
5. Райцелис И.В. Профессиональная тугоухость у рабочих газоперерабатывающего производства // Гигиена и санитария. – 2009. – № 4. – С. 39–40.
6. Пыстина Н.Б., Терехов А.Л., Зинкин В.Н., Драган С.П. Шум и инфразвук как вредные производственные факторы на предприятиях газовой промышленности // Газовая промышленность. – 2012. – № 1. – С. 68–71.
7. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Шешегов П.М. и др. Действие авиационного шума на орган слуха специалистов военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. – 2009. – № 3. – С. 54–58.
8. Зинкин В.Н., Квасовка В.В., Солдатов С.К. и др. Влияние высокоинтенсивного авиационного шума на заболеваемость инженерно-технического состава военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. – 2008. – № 2. – С. 59–63.
9. Райцелис И.В. Профессиональная тугоухость у рабочих газоперерабатывающего производства // Гигиена и санитария. – 2009. – № 4. – С. 39–40.
10. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Роспотребнадзор, 2005.
11. Перечень производств, профессий и работ с вредными и (или) опасными условиями труда организаций ОАО «Газпром», которые дают право производить оплату по повышенным тарифным ставкам или устанавливать доплаты работникам в зависимости от условий труда. – М.: ИРЦ Газпром, 2006. – 56 с.

12. Трудовой кодекс РФ. – 2016. – Ст. 219.
13. Дудля Н.А., Данильченко И.Е., Кириченко Г.Н. Результаты измерения шума на установках колонкового бурения // Горная электромеханика и автоматика: науч.-техн. сб. – 2009. – Вып. 83. – С. 150–159.
14. СТО Газпром 18000.1-2014. Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью в ОАО «Газпром». Положение по идентификации опасностей и управлению рисками. – М.: ИРЦ Газпром, 2014. – 34 с.
15. Лесных В.В., Сафонов В.С. Управление рисками – путь к устойчивому развитию ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2008.
16. Березанский Л.С., Терехов А.Л. Результаты исследований шума буровых установок и предложения по их снижению // Улучшение условий труда на предприятиях РАО «Газпром» в 1994–1995 гг. – М.: ВНИИГАЗ, 1996. – С. 88–92.
17. Юдин Е.Я. Исследование шума вентиляторных установок и методов борьбы с ним // Тр. ЦАГИ. – 1958. – Вып. 713. – 227 с.
18. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. – М.: Логос, 2013. – 431 с.
19. Терехов А.Л. Исследование мероприятий по снижению шума отопительных рециркуляционных агрегатов: дисс. ... кандидата техн. наук / НИИ строительной физики. – М.: [Б. И.], 1976. – 16 с.
20. Терехов А.Л., Минаев Д.А. Определение влияния режима работы центробежного нагнетателя на интенсивность шумообразования // Вести газовой науки: сб. науч. ст. аспирантов и соискателей. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – С. 162–167.
21. Терехов А.Л., Дробаха М.Н. Глушители шума для газоперекачивающих агрегатов: обзорн. инф. – М.: ИРЦ Газпром, 2007. – 106 с.
22. Терехов А.Л., Демин В.И. Инженерная методика расчета эффективности средств звукоизоляции и вибропоглощения трубопроводов технологической обвязки нагнетателей на компрессорных станциях. – Газовая промышленность. – 2002. – № 1. – С. 41–49.
23. Алексеев М.А., Терехов А.Л. Методика расчета звукоизолирующих покрытий шумных трубопроводов на морских сооружениях // VI международная науч.-техн. конф.: Освоение ресурсов нефти и газа Российской шельфа: Арктика и Дальний Восток. – 25–26 октября 2016 г. Тезисы докладов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. – С. 110.
24. Терехов А.Л. Повышение безопасности персонала при внедрении мероприятий по снижению шума на предприятиях газовой промышленности // Труд и социальные отношения. – 2016. – № 1. – С. 117–131.
25. ВРД 39-1.14-046-2001. Рекомендации по применению средств индивидуальной защиты органов слуха на предприятиях ОАО «Газпром». – 19 с.

## REFERENCES

1. Terekhov A.L., Drobakha M.N. Modern Methods for Decreasing Noise of Gas-Pumping Units / as Edited by R.O. Samsonova. – SPb., 2008. – 368 p.
2. Shchepochkin S.V., Kashirin A.B. Analysis of the Results of the Expert Appraisal of Nonremovability of Harmful Industrial Factors at Gazprom, OJSC's Workplaces // Gas Industry. – 2012. – No. 9. – P. 81–83.
3. Terekhov A.L., Sokhill S. Creation of Healthy and Safe Occupational Conditions when Working at Oil and Gas Production Platforms of the Arctic Shelf // Gas Industry. – 2011. – No. 11 – P. 92–96.
4. Terekhov A.L., Safonov A.L. Increasing the Safety of Industrial Processes by Decreasing Pipeline Noise // Labor and Social Relations. – 2016. – No. 4 – P. 163–174.
5. Raycelis I.V. Occupational Deafness in Workers of the Gas Processing Industry // Hygiene and Sanitary. – 2009. – No. 4. – P. 39–40.
6. Pystina N.B., Terekhova A.L., Zinkin V.N., Dragan S.P. Noise and Infrasound as Harmful Industrial Factors at Gas Industry Enterprises // Gas Industry. 2012. – No.1 – P. 68–71.
7. Soldatov S.K., Zinkin V.N., Sheshegov P.M., et al. Impact of Aircraft Noise upon Hearing Organs of Air Force Experts // Military and Medical Journal. – 2009. – No. 3. – P. 54–58.
8. Zinkin V.M., Kvasovka V.V., Soldatov S.K., et al. Impact of a High-Intensity Aircraft Noise upon the Illness Frequency among Technical Staff of the Air Force // Military and Medical Journal. – 2008. – No. 2. – P. 59–63.
9. Raycelis I.V. Occupational Deafness in Workers of the Gas Processing Industry // Hygiene and Sanitary. – 2009. – No. 4. – P. 39–40.
10. Regulation 2.2.2006-05. Guidelines on the Hygienic Assessment of Working Environment and Labor Process Factors. Criteria and Classification of Labor Conditions. – М.: Rospotrebnadzor, 2005.
11. List of Production Operations, Professions and Works with Harmful and (or) Hazardous Working Conditions of Gazprom, OJSC which Give the Right to Make Payments according to Increased Tariff Rates or Make Additional Payments to Workers as per Working Conditions. – М.: Information and Advertising Center of Gazprom, 2006. – 56 p.
12. Labor Code of the Russian Federation. – 2016. – Article 219.
13. Dudlya N.A., Danilchenko I.E., Kirichenko G.N. Results of Noise Measurements at Exploratory Drilling Units // Mountain Electrical Engineering and Automatics: Research and Engineering Collection. – 2009. – Issue 83. – P. 150–159.
14. Gazprom Company Standard 18000.1-2014. Uniform System of Occupational and Industrial Safety Management in "Gazprom", OJSC. Regulation on the Identification of Dangers and Risk Management. – М.: Information and Advertising Center of Gazprom, 2014. – 34 p.
15. Lesnykh V.V., Safonov V.S. Risk Management – Path to the Sustainable Development of "Gazprom", OJSC // Gas Industry. – 2008.
16. Berzansky L.S., Terekhov A.L. Results of Noise Research at Drilling Units and Proposals to Decrease it // Improvement of Working Conditions at Gazprom, RJSC's Enterprises in 1994-1995. – М.: VNIIGAZ, 1996. – P. 88–92.
17. Yudin E.Ya. Study of Noise Emitted by Fan Installation and Methods to Suppress it // Works of Central the Institute of Aerohydrodynamics. – 1958. – Issue 713. – 227 p.
18. Ivanov N.I. Engineering Acoustic. Noise Suppression Theory and Practice. – М.: Logos, 2013. – 431 p.
19. Terekhov A.L. Study of Measures to Decrease Noise Emitted by Heating Recirculation Appliances: Ph.D. Thesis in Engineering Science // Structural Physics Research Institute. – М.: [No Publishing House], 1976. – 16 p.
20. Terekhov A.L., Minaev D.A. Establishing the Impact of the Centrifugal Air Blower's Operating Condition upon the Noise Generation Intensity // Gas Science News: Collection of Research Articles of Post-Graduate Students and Degree Seeking Applicants. – М.: Gazprom VNIIGAZ, 2009. – P. 162–167.
21. Terekhov A.L., Drobakha M.N. Noise Suppression Devices for Gas Pumping Units: Background Information. – М.: Information and Advertising Center of Gazprom, 2007. – 106 p.
22. Terekhov A.L., Demin V.I. Engineering Method for Calculating the Efficiency of Noise Insulation and Vibration Absorption Devices of Pipelines of Process Manifolds of Superchargers at Compressor Plants. – Gas Industry. – 2002. – No. 1. – P. 41–49.
23. Alexeenko M.A., Terekhov A.L. Method for Calculating Noise Insulation Coatings of Noisy Pipelines at Marine Installations // VI International Research and Engineering Conference: Development of Oil and Gas Resources of the Russian Shelf: the Arctic and Far East Regions. – October 25, 2016 – October 26, 2016. Theses of Reports. – М.: Gazprom VNIIGAZ, 2016. – P. 110.
24. Terekhov A.L. Increasing the Safety of Personnel when Implementing Measures to Decrease Noise at Gas Industry Enterprises // Labor and Social Relations. – 2016. – No. 1. – P. 117–131.
25. Internal Ruling Document 39-1.14-046-2001. Recommendations on Using Individual Protection Means for Hearing Organs at Gazprom, OJSC's Enterprises. – 19 p.