

УДК 621.515

**ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ
С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
THE ROBOTIC SYSTEMS FOR DANGER REDUCING**

Смородова О.В., Китаев С.В., Аминов Д.М.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

O.V. Smorodova, S.V. Kitaev, D.M. Aminov

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: olga_smorodova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования на предприятиях России технологических роботов. На примере крупных техногенных аварий обоснованно показано, что применение роботизированных систем позволит снизить вероятность наступления аварий.

В настоящее время в большинстве автоматизированных технологических линий главенствующая роль управления и ответственности за результаты принятых решений все-таки оставлена за человеком. При такой организации работы человеческий фактор может привести к ошибочным действиям. Для исключения возникновения подобных ситуаций ведущими странами была выполнена работа по созданию роботов, полностью ведущих технологический процесс. Областью исключительного применения роботов являются экстремальные условия окружающей среды. В статье рассмотрена блок-схема оценки надежности робота, приведены количественные показатели наработки на отказ роботизированных систем.

Обзор оснащённости предприятий стран мирового сообщества технологическими роботами показал, что количество подобных систем, эксплуатируемых в России, существенно ниже того же показателя в странах Европы и Америки. Названы 10 ведущих компаний Японии, Германии, Швеции, Швейцарии, США, лидирующих по проектированию и выпуску промышленных роботов.

Отмечено, что в нефтегазовой и топливно-энергетической отрасли роботы используются для сборки и обслуживания оборудования на шельфе, исследования дна и других подводных задач, при бурении скважин, в геологических и геофизических инспекциях, при осмотре трасс газопроводов и промышленных коммуникаций, выявлении поломок и неполадок. Приведено описание последних разработок Японии, США и России для нефтегазовой отрасли. Представлены основные технические характеристики, преимущества и недостатки.

В работе показано, что использованию технологических роботов нет альтернативы при ведении работ в условиях, опасных для здоровья и жизни персонала. Кроме того, применение роботов позволяет значительно увеличить производительность труда на предприятии.

Abstract. The article discusses the technology robots usage. It is reasonably shown by major technological accidents as examples that the use of robotic systems will reduce the expectancy of accidents.

Currently, the most automated production lines prime role of management and responsibility for the results of decisions made still left a man. In such an arrangement the human factor can lead to wrong actions. To eliminate such a situation the robots creating, fully leading the process, has been performed. The scope of the exclusive usage of robots is the extreme environmental conditions. The article describes a block diagram of a robot reliability assessment, quantifies the robotic systems MTBF.

The equipment companies of the world community review of technological robots showed that the number of such systems in Russia is significantly lower

than the same of Europe and America. The top of Japan, Germany, Sweden, Switzerland, the United States 10 companies, leading the design and production of industrial robots, is named.

It is noted that the oil and gas and energy industry robots are used for the assembly and maintenance of the equipment on a shelf, floor research and other underwater tasks during drilling, geological and geophysical inspections when inspecting the pipeline route, and industrial communications, identifying breakdowns and malfunctions. The description of the latest Japan, USA and Russia developments for the oil and gas industry is done. The main technical characteristics, advantages and disadvantages of them are compared.

It is shown there is no alternative to usage of robot technology in the management of work in dangerous to life and health of personnel conditions. In addition, the use of robots can significantly increase the enterprise productivity.

Ключевые слова: технологическая установка, роботизированная система, опасность, надежность, отказ.

Key words: the process installation, the robotic system, the danger, the security, the failure.

Впервые в Российской Федерации на законодательном уровне тематика безопасности была обозначена в 1992 г. Закон РФ «О безопасности» устанавливал понятия безопасности, объектов и субъектов безопасности, угрозы безопасности и обеспечения безопасности [1].

Обеспечение производственной безопасности рекомендуется вести различными методами – техническими и организационными [2].

Основными направлениями при этом являются:

- использование современных роботизированных систем;
- использование средств коллективной защиты [3];
- повышение квалификации персонала в области промбезопасности;
- использование средств индивидуальной защиты [4].

Реализация метода обеспечения безопасности современных производств с помощью внедрения роботов направлена на решение двух глобальных задач:

- во-первых, обеспечение безопасности при нормальном течении технологического процесса [5];
- во-вторых, обеспечение безопасности в случае выхода из строя оборудования и защиты населения и окружающей природной среды от негативных последствий аварийного инцидента [6].

На современном уровне развития технологических линий предприятий нефтепереработки и нефтехимии производственный процесс максимально обеспечен устройствами дистанционного и автоматического контроля и управления [7]. К автоматизированным производствам относятся такие технологические линии, участки, цеха, предприятия, на которых функции управления промышленным оборудованием и контроля хода технологических операций осуществляются с помощью автоматических устройств. Тем не менее, главенствующая роль управления и ответственности за результаты принятых решений все-таки остается за человеком (рисунок 1).

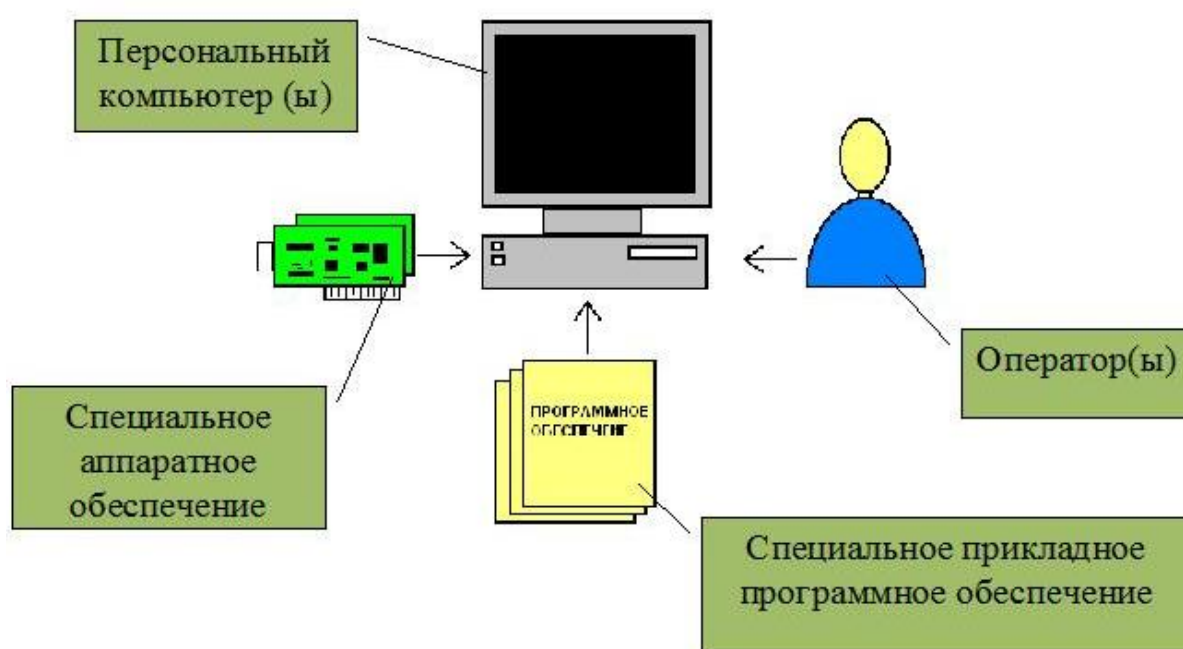


Рисунок 1. Структурная схема автоматизированной системы управления

Показательным примером развития аварийных событий в острой производственной ситуации является эпизод на АЭС «Three Mile Island», США в 1979 г. Несмотря на давность, этот аварийный инцидент является наиболее масштабным по своим последствиям за всю историю для США. В мировом энергетическом пространстве более серьезный резонанс имела только Чернобыльская авария, которая произошла через 7 лет после событий на электростанции «Three Mile Island» [8]. В момент возникновения аварийной ситуации автоматические системы безопасности сработали, как и было предусмотрено. Однако персоналом, имеющим технологический приоритет принятия окончательного решения, ошибочно было произведено отключение насосов вручную, что в результате и привело к разрушительным последствиям.

Для исключения возникновения подобных ситуаций в будущем мировым инженерным корпусом была выполнена масштабная работа по полному исключению влияния человека на принятие решений в острых производственных случаях. Результатом исследований явились пилотные проекты промышленных технологических роботов, которые имеют человекоподобный вид и полностью заменяют человека. Наиболее распространены роботы на конвейерных линиях, выполняющих сборочные операции; в Европе промышленные роботы применяют для автоматизации процессов резки, паллетирования, упаковки и маркировки, обслуживания станков, покраски, механообработки, манипулирования.

Однако, областью исключительного применения роботов являются экстремальные условия окружающей среды, в которых уровень опасных и вредных воздействий на человека превышает предельно допустимые для него нормы. Именно в таких условиях проходят операции с высокорadioактивными веществами, обладающими опасным для человека уровнем ионизирующих излучений. Роботы-манипуляторы с дистанционным управлением позволяют вывести человека из зоны радиоактивного воздействия, надежно обезопасить его от опасных

факторов свинцово-бетонной защитой, оставив ему функции управления на расстоянии действиями механических манипуляторов.

Предприятиям, имеющим высокую степень автоматизации производственных процессов при помощи роботов, не представляет особой сложности автоматизировать и действие защитных устройств, надежно ограждающих рабочую зону действия технологических автоматов и роботов от случайного проникновения в нее людей. С этой целью на роботизированных производствах используются специальные ограждающие устройства, поднятые вверх в выключенном состоянии промышленных роботов и опускающиеся вниз при их включении, если только в рабочей зоне не зафиксировано присутствие человека.

Распространенным способом обеспечения безопасности людей на роботизированных предприятиях является автоматическая блокировка технологического оборудования, если в зоне действия оказывается человек. При этом источником опасности, исходящей от промышленных роботов, является высокое давление приводов их исполнительных органов, достигающее 100 МПа.

Роботизированный комплекс включает в себя технологическое оборудование с вероятностью безотказной работы (ВБР) $P_T(t_T)$ и действующее совместно с ним робототехническое устройство с вероятностью безотказной работы $P_P(t_P)$. Надежность совместной исправной работы указанных компонентов определяет общую надежность

всего роботизированного комплекса $\sum_{i=1}^N P_i(\sum_{j=1}^M t_j)$

$$\sum_{i=1}^N P_i(\sum_{j=1}^M t_j) = P_m(t_m) \times P_p(t_p)$$

где $\sum_{j=1}^M t_j$ – общее время действия роботизированного комплекса,

включающее в себя как t_T , так и t_P .

К основным видам отказов роботов относятся постепенные отказы по точности позиционирования. Поэтому одним из основных показателей надежности оборудования является показатель $P_p(t_p)$ — вероятность безотказной работы за время t , который в данном случае определяется как вероятность сохранения точности позиционирования [9].

Оценку показателей надежности роботизированного комплекса осуществляют аналитическим методом или методом статистического моделирования и выполняют в два этапа. На первом этапе определяют показатели надежности отдельных видов оборудования. На втором этапе вычисляют значение показателей надежности для всего РТК в целом (рисунок 2).

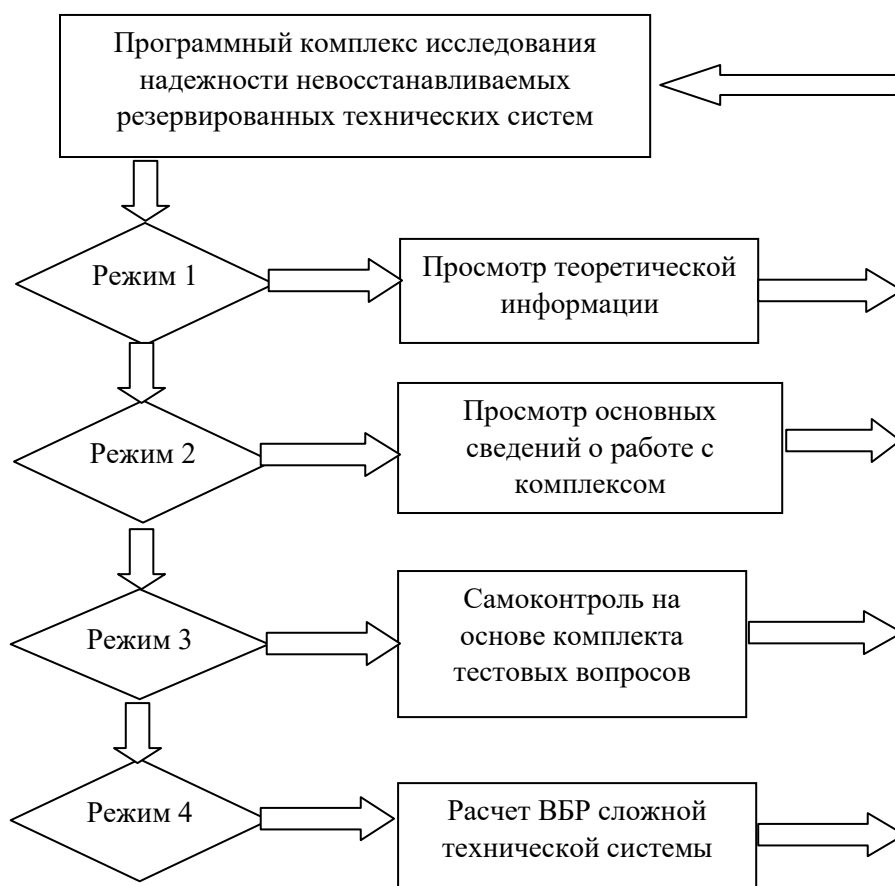


Рисунок 2. Блок-схема оценки надежности технических систем

Современные промышленные роботы весьма надежны. Каждый их производитель гарантирует прогнозируемые сроки эксплуатации. Как правило, эти сроки составляют период около 40 тысяч часов. Однако,

нередко суммарное время эксплуатации робота без ремонта достигает периода и более 70 тысяч часов.

С каждым годом спрос на промышленные роботы увеличивается. Основными производителями роботизированных систем являются следующие компании:

- FANUC, KAWASAKI, OTC DAIHEN, PANASONIC (Япония),
- KUKA (Германия),
- ABB (Швейцария, Швеция);
- KC ROBOTICS, TRITON, MOTOMAN, SHELL (США).

Доля России на современном рынке робототехники составляет величину менее 1%, в год у производителей России приобретают не более 300 единиц роботов различного назначения. Что касается внедрения роботов на объектах российской промышленности, то значительную часть задействованных устройств составляют примитивные двух координатные манипуляторы или промышленные роботы, поставленные во времена СССР. За первое десятилетие XXI века оснащенность роботами России, Европы и за океаном сложилась следующая:

- в России внедрено 180 промышленных роботов в составе роботизированных комплексов для решения задач по автоматизации производственных процессов; общее количество промышленных роботов на территории России составляет около 8000 единиц, 95% из них были поставлены в период существования СССР, и многие из них уже списаны.

- в США внедрено 34 000 промышленных роботов, общий парк роботов в США насчитывает 240 000 единиц;

- Европейский Союз внедрил 43 000 промышленных роботов, при этом общий парк составляет 380 000 единиц;

- Япония внедрила 58 600 промышленных роботов, общий парк роботов в Японии составляет 540 000 шт. (рисунок 3).

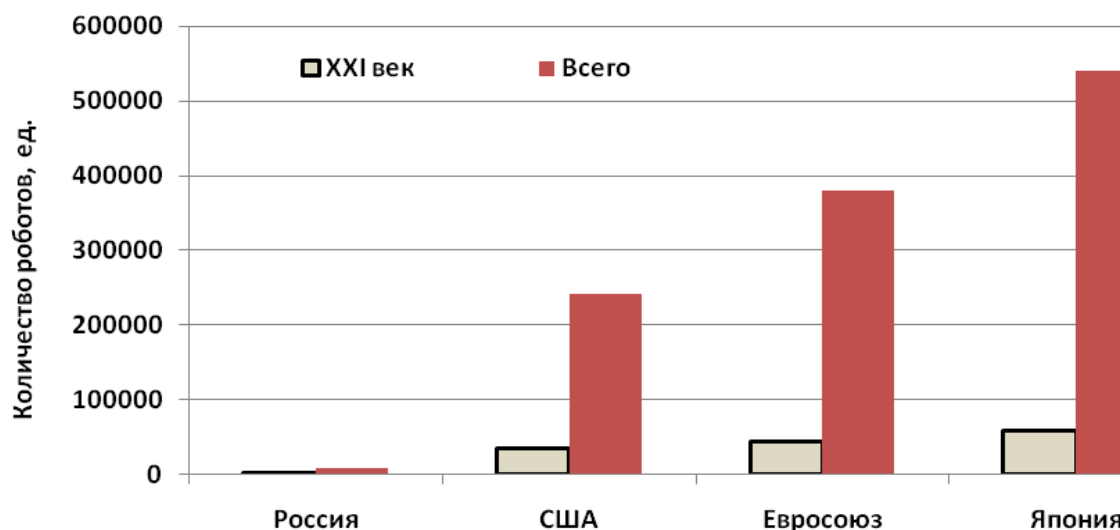


Рисунок 3. Распределение парка технологических роботов по странам мира

Особое пространство для разработки и использования робототехнических устройств представляют собой нефтегазовая и топливно-энергетическая отрасли [10]. Здесь роботы используются для сборки и обслуживания оборудования на шельфе, исследования дна и других подводных задач, при бурении скважин, в геологических и геофизических инспекциях, при осмотре трасс газопроводов и промышленных коммуникаций, выявлении поломок и неполадок.

Компания Shell (США) разработала проект робота «Sensabot» (рисунок 4а) для проведения исследования и мониторинга параметров взрывоопасной среды. Промышленное применение установки запланировано на необитаемом острове в области Кашаганского месторождения (Казахстанский сектор Каспийского моря). Робот является полуавтономным, оснащен сенсорами различного назначения, камерами и беспроводной сетью. Оператор может управлять им удаленно со значительного расстояния. После испытаний на Кашаганском месторождении компания планирует использовать его на других месторождениях, а также на объектах нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (таблица 1).



а- робот «Сенсабот»



б- робот «Сакура-2»



в – демонтажный робот
 «Деморобот»

Рисунок 4. Промышленные роботы для взрывоопасных сред

Компания Mitsubishi Heavy Industries (Япония) разработала робота «Sakura-2» (рисунок 4б) для работы во взрывоопасных средах. Робот может быть использован в химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, на газовых месторождениях, в подземных тоннелях. «Sakura-2» имеет детектор газа и функцию панорамы. Корпус робота выдерживает высокие температуры, находится под внутренним давлением, обеспечивающим предотвращение попадания газа внутрь (таблица 1). Управление возможно беспроводным интерфейсом и оптоволоконным кабелем. По результатам промышленных испытаний роботизированная система «Sakura-2» Технологическим институтом промышленной безопасности Японии рекомендована для применения в пожароопасных и взрывоопасных пространствах предприятий.

Отечественный производитель на рынке робототехники представлен несколькими предприятиями, одно из которых - DEMOROBOT, г.Москва. Продукция предприятия весьма обширна: демонтажные роботы, тележки-роботы, погрузчики-роботы, роботы-манипуляторы и пр. Одной из последних разработок является демонтажный робот «Demorobot» 2.0 (рисунок 4в, таблица 1).

Таблица 1. Сравнительные характеристики промышленных роботов

Наименование параметра	Робот «Sensabot», США	Робот «Sakura- 2», Япония	Робот «Demorobot» 2.0, Россия
Вес, кг	250	60	2260
Размеры, мм	1280×750	710×420×540	1150×2400×1250
Максимальная скорость, км/ч	5,0	1,2	5,0
Время работы, ч	4	2,5	10,0
Мощность, кВт	-	-	22

Габариты «Demorobot» 2.0 составляют 1150×2400×1250 мм при клиренсе 200 мм, пятно контакта гусеницы составляет 200×1180 мм, скорость вращения манипулятора 360° за 6 с. Он может быть использован в условиях нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, на нефтяных и газовых месторождениях, в подземных тоннелях (таблица 1). Управление возможно либо по радиолинии с расстояния до 100 м, либо по кабельному соединению. Основными преимуществами роботов для проведения демонтажных работ являются:

- высокая мощность при относительно небольших габаритах;
- маневренность;
- многофункциональность;
- дистанционное управление;
- невосприимчивость к внешней среде.

Выводы

1. Использование технологических роботов позволит повысить безопасность при проведении работ в условиях, опасных для здоровья и жизни персонала. Несмотря на высокую стоимость закупки, рекомендуется применение роботизированных систем в экстремальных для человека условиях.

2. Замена менее производительного оборудования на роботизированные установки позволит значительно увеличить

производительность предприятия. Срок окупаемости роботов на большинстве случаев составляет период менее 1 года.

Список используемых источников

1 Киреев И.Р., Закирова З.А., Латыпова Э.А. Методы устранения опасности возникновения взрывов и пожаров на ООО РН-Юганскнефтегаз//Безопасность жизнедеятельности. 2015. №10(178). С.37-39.

2 Шавалеев Д.А., Абдрахманов Н.Х. Управление промышленной безопасностью объектов топливно-энергетического комплекса на основе анализа и мониторинга рисков// Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./УГНТУ. 2012. №6. С.435-441.

3 Киреев И.Р., Николаева И.А., Абдрахманов Н.Х. Определение загазованности на объектах нефтегазовой промышленности при помощи газоанализатора // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2016. №1(7). С. 67-68.

4 Смородова О.В., Китаев С.В., Сергеева К.В. Повышение взрывопожарной безопасности с помощью огнепреградителей насадочного типа // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./УГНТУ. 2016. №5. С.193-206.

5 Хаматдинова А.В., Смородова О.В. Приборный контроль состояния газовой среды на предприятиях нефтепереработки// Технологии техносферной безопасности. 2015. № 4 (62). С. 325-331.

6 Байков И.Р. Принципы реконструкции системы энергоснабжения населенных пунктов//Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.2001. №7-8. С.94-98.

7 Китаев С.В., Смородова О.В., Кузнецова Е.В. Восстановление зависимостей взаимосвязи параметров внешней газовой среды предприятий нефтепереработки// Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./УГНТУ. 2016. №6. С.121-137.

8 Китаев С.В., Смородова О.В., Усеев Н.Ф. Об энергетике России//Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. №4 (106). С.241-249.

9 Анализ методик оценки надежности систем энергоснабжения /Байков И.Р., Молчанова Р.А., Ахметов Э.Р., Файрушин Ш.З. //Энергобезопасность и энергосбережение. 2014. №2. С.33-37.

10 Байков И.Р., Смородова О.В., Сергеева К.В. Оценка обобщенных показателей промышленной безопасности технологических установок нефтеперерабатывающего завода// Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./УГНТУ. 2016. №6. С.138-150.

References

1 Kireev I.R., Zakirova Z.A., Latipova E.A. Metodi ustraneniya opasnosti vzniknoveniya vzrивov I pojarov na ООО RN-Uganskneftegas//Bezopasnost jiznedeyatel'nosti. 2015. №10(178). S.37-39. [in Russian].

2 Shavaleev D.A., Abdrahmanov N.H. Upravlenie promishlennoi bezopasnost'u ob'ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa na osnove analiza I monitoringa riskov// Neftegazovoe delo: electron.nauch.jurn./UGNTU, 2012. №6. S.435-441. [in Russian].

3 Kireev I.R., Nikolaeva I.A., Abdrahmanov N.H. Opredelenie zagazovannosti na ob'ektah neftegazovoi promishlennosti pri pomochsi gazoanalizatora//Ekspertiza promishlennoi bezopasnosti I diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov. 2016. №1(7). S.67 – 68. [in Russian].

4 Smorodova O.V., Kitaev S.V., Sergeeva K.V. Povishenie vzrивopojarnoi bezopasnosti s pomosh'iu ognepregraditelei nasadochnogo tipa// Neftegazovoe delo: electron.nauch.jurn./UGNTU, 2016. №5. S.193-206. [in Russian].

5 Hamatdinova A.V., Smorodova O.V. Pribornii control sostoyaniya gazovozdushnoi sredi na predpriyatiyah neftepererabotki//Tehnologii tehnosfernoi bezopasnosti. 2015. №4(62). S.325 – 331. [in Russian].

6 Baikov I.R. Principi rekonstrukcii sistemi energosnabjeniya naseleennykh punktov//Izvestiya vishih uchebnykh zavedenii. Problemi energetici. 2001. №7-8. S.94-98. [in Russian].

7 Kitaev S.V., Smorodova O.V., Kuznetcova E.V. Vosstanovlenie zavisimosti vzaimosvyazi parametrov vneshnei gazovozdushnoi sredi predpriyatii neftepererabotki// Neftegazovoe delo: electron.nauch.jurn./UGNTU, 2016. №6. S.121-137. [in Russian].

8 Kitaev S.V., Smorodova O.V., Useev N.F. Ob energetike Rossii//Problemi sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproductov. 2016. №4(106). S.241-249. [in Russian].

9 Baikov I.R., Molchanova R.A., Ahmetov E.R., Fairushin Sh. Z. Analiz metodik ocenki nadejnosti system energosnabjeniya//Energobezopasnost i energosberejenie. 2014. №2. S.33-37. [in Russian].

10 Baikov I.R., Smorodova O.V., Sergeeva K.V. Ocenka obobchennykh pokazatelei promishlennoi bezopasnosti tehnologicheskikh ustanovok neftepererabativauchego zavoda// Neftegazovoe delo: electron.nauch.jurn./UGNTU, 2016. №6. S.138-150. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Смородова О.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

O.V. Smorodova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair “Industrial Heat Powering”, FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

e-mail: olga_smorodova@mail.ru

Китаев С.В., д-р техн. наук, профессор кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

S.V. Kitaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Transport and Storage of Oil and Gas”, FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Аминов Д.М., бакалавр БТЭ-13-01, ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

D.M. Aminov, Bachelor of Science of БТЭ-13-01 Group, FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation