

3. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii: STB 5.03.01-02. – Vved. 2003-07-01. – Minsk: M-vo arhitektury i stroitel'stva Resp. Belarus', 2003. – 139 s.
4. Babushkin, V. I. Termodinamika silikatov / V. I. Babushkin, G. M. Matveev, O. P. Mchedlov-Petrosyan; pod red. O.P. Mchedlova-Petrosyana. – 4-e izd.– M.: Strojizdat, 1986. – 408 s.
5. Vasil'ev, A. A. Raschetno-eksperimental'naya model' karbonizacii betona / A. A. Vasil'ev ; M-vo transp. i kommunikacij Resp. Belarus', Belorus.gos. un-t transp. – Gomel': BelGUT, 2016. – 263 s.
6. Pantyuhov, O. E. Tekhnologiya monolitnogo i priob»ektnogo betonirovaniya : ucheb.- metod. posobie po kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu dlya specializacii «Proizvodstvo stroitel'nyh izdelij i konstrukcij» / O. E. Pantyuhov, T. V. YAshina ; M-vo obrazovaniya Resp. Belarus', Belorus. gos. un-t transp. – Gomel' : BelGUT, 2009. – 98 s.
7. SHapovalov, V. M. Organizaciya i planirovanie v stroitel'nom proizvodstve (v voprosah i otvetah) : ucheb.-metod. posobie dlya studentov special'nosti «Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo» / V. M. SHapovalov, O. E. Pantyuhov; M-vo transp. i kommunikacij Resp. Belarus', Belorus. gos. un-t transp. – Gomel' : BelGUT, 2015 – 211 s.
8. Pekhota, E.A. Novye tekhnologii v obespechenii ekspluatacionnoj nadezhnosti rezervuarov i ekologicheskoy bezopasnosti / E.A. Pekhota, A.A. Vasil'ev, A.N. Pekhota // Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie i ekologicheskie problemy sohraneniya sredy obitaniya : materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. - sbornik trudov Min. obrazovaniya Resp. Belarus', Brest. gos. tekhnich. un-t ; redkol.: A. A. Volchek [i dr.] . – Brest : BrGTU, 2022 – 170-173 s.

УДК 621.6; 62.9

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГАЗГОЛЬДЕРОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДЕГАЗАЦИОННО-ВЕНТИЛЯЦИОННОГО УСТРОЙСТВА**

*Е. А. Пехота, м. т. н., ст. преподаватель кафедры промышленной  
теплоэнергетики, Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь, e-mail: delf\_1@mail.ru*

*В. Н. Романюк, д. т. н., профессор, Белорусский национальный технический  
университет, Минск, Беларусь, e-mail: tgv\_fes@bntu.by*

### **Реферат**

Рассмотрены основные направления организации безопасной подготовки газгольдеров к техническому диагностированию с применением дегазационно-вентиляционного устройства. В статье представлены современные требования необходимые для поддержания высокого уровня безопасности при выполнении работ в газгольдерах, используемых в газовой отрасли Республики Беларусь для обеспечения бесперебойного газоснабжения и реализации газа на стационарных газозаправочных станциях. Обеспечение безопасного выполнения газоопасных работ, а также необходимость подготовки внутренней поверхности газгольдеров для технического диагностирования и ремонта требует внедрения в газоснабжающих организациях новых энергоэффективных, безопасных и экологических производственных процессов и оборудования. Описаны функциональные назначения и достоинства разработанного дегазационно-вентиляционного устройства ДВУ-ФС-1/450.

**Ключевые слова:** газгольдер, дегазация, дегазационно-вентиляционное устройство, газоопасные работы, техническая диагностика, производственная безопасность, бесперебойное газоснабжение, выбросы вредных веществ.

## IMPROVING THE QUALITY OF DEGASSING IN THE PREPARATION OF GAS TANKS FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS USING A DEGASSING AND VENTILATION DEVICE

E. A. Pekhota, V. N. Romanyuk

### Abstract

The main directions of the organization of safe preparation of gas tanks for technical diagnostics using a degassing and ventilation device are considered. The article presents the modern requirements necessary to maintain a high level of safety when performing work in gas tanks used in the gas industry of the Republic of Belarus to ensure uninterrupted gas supply and gas sales at stationary gas filling stations. Ensuring the safe performance of gas hazardous work, as well as the need to prepare the inner surface of gas tanks for technical diagnosis and repair, requires the introduction of new energy-efficient, safe and environmentally friendly production processes and equipment in gas supply organizations. The functional purposes and advantages of the developed degassing and ventilation device DVU-FS-1/450 are described.

**Keywords:** gas tank, degassing, degassing and ventilation device, gas hazardous work, technical diagnostics, industrial safety, uninterrupted gas supply, emissions of harmful substances.

### Введение

Как известно, длительная эксплуатация оборудования, применяемого в газовой отрасли, приводит к деградации металла, при этом повышается предел текучести, снижаются показатели пластичности. Деградация металла, например, газгольдеров, при длительной эксплуатации, неудовлетворительном техническом состоянии увеличивает вероятность частичного или полного разрушения конструкций, в связи с чем особую актуальность приобретает необходимость решения вопросов обеспечения надежности эксплуатации газгольдеров за счет повышения качества технического диагностирования. При этом с увеличением срока службы технологического оборудования сокращаются промежутки его межпериодного освидетельствования.

Надежность резервуаров хранения газов определяются, в первую очередь, свойством его конструкции выполнять функции приема, хранения и отбора из него сжиженных газов при заданных технических параметрах в условиях определенного периода времени года, способа размещения газгольдера и т. п. Оценка уровня надежности и долговечности газгольдеров и его элементов проводится по установленным параметрам конструкции, которые определяются технической документацией. Определенными критериями, характеризующими эксплуатационную надежность газгольдеров, являются [1, 2]:

– безотказность – свойство газгольдера и его элементов сохранять работоспособность без вынужденных перерывов в работе. Вероятность безотказной работы служит количественным показателем надежности (критерий прочности, устойчивости и выносливости);

– работоспособность – техническое состояние, при котором емкость хранения СУГ способна выполнять свои функции без отклонений от параметров сосуда, работающего под давлением, установленных согласно техдокументации. Для поддержания его работоспособности необходимо организовывать и выполнять в установленные сроки профилактику, раннюю диагностику дефектов, техническое освидетельствование, а также, при необходимости, и текущие и капитальные ремонты;

– долговечность – свойство конструкции (газгольдера и его элементов) сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Показателем долговечности может служить ресурс или срок службы.

Зачастую несоблюдение элементарных правил безопасности, применение не исправного оборудования и отсутствие взрывобезопасной системы вентиляции при дегазации газовых емкостей в помещениях приводит к авариям с тяжелыми последствиями, что говорит о важности решения данной проблемы.

Так 27 августа 2024 года в Минском районе, в агрогородке Озерцо произошел взрыв газовой смеси при дегазации транспортного сосуда, работающего под давлением. В ходе выполнения дегазации сосуда с минимальными донными остатками сжиженного газа образовалась вспышка газовой смеси, в результате чего произошло обрушение железобетонного перекрытия здания на площади около 230 м<sup>2</sup> [3]. Последствия взрыва газовой смеси представлены на рисунке 1. По данным иллюстрациям сложно в полной мере оценить разрушительные способности взрыва газовой смеси, однако, согласно материалам Министерства по чрезвычайным ситуациям, затраты людей и техники при аварийно-спасательных работах были весьма существенны. При этом МЧС потребовалось дополнительно выполнить работы по стабилизации обрушившихся плит перекрытий, обеспечить вентиляцию объекта и смежных помещений, провести разведку и поиск пострадавших, а также выполнить комплекс работ по оценке наличия опасных химических веществ в зоне проведения аварии и поддерживать безопасное состояние воздушной среды при ликвидации последствий.



**Рисунок 1 – Вид повреждений здания при дегазации транспортной емкости сжиженного газа при взрыве газовой смеси [3]**

Таким образом, подготовка газгольдеров всех типов к техническому обслуживанию, ремонту, техническому освидетельствованию, смене вида хранимого или транспортируемого сжиженного газа является ответственным мероприятием и требует разработки и внедрения новых методов и средств дегазации обеспечивающих безопасное проведение работ.

В то же время количественная и качественная оценка технического состояния газгольдеров и устранение выявленных дефектов повышает их надежность при эксплуатации. Обоснованную оценку можно получить только на основании комплексной проверки, включающей в себя дефектоскопию сварных соединений, определение коррозионного повреждения металла, проверку качественных показателей металла корпуса обечайки, контроль толщины стенок отдельных элементов, изменений геометрической формы и др.

Выявление и оценка степени опасности дефектов с научной точки зрения остаются достаточно сложной задачей, требующей многочисленных исследований, в первую очередь, внутренней поверхности газгольдера. Примеры коррозионного повреждения внутренней поверхности газгольдера представлены на рисунке 2.

При этом с виду безопасное коррозионное повреждение внутренней поверхности зачастую приводит к трагическим последствиям, связанным с их взрывоопасностью, так как в поверхностных слоях металла, «рыхлых» и «расслоенных» коррозионных отложениях скапливаются пирофорные отложения. Пирофорные отложения на внутренней поверхности газгольдеров представляют собой продукты сернисто-водородной коррозии, включающей сернистые соединения железа, органических смолистых веществ и механических примесей.



***Рисунок 2 – Вид образований пирофорных отложений при коррозионных повреждениях внутренней поверхности газгольдера хранения сжиженного газа***

При этом регламентирующая нормативно-техническая документация по методам и средствам неразрушающего контроля, учитывающая развитие

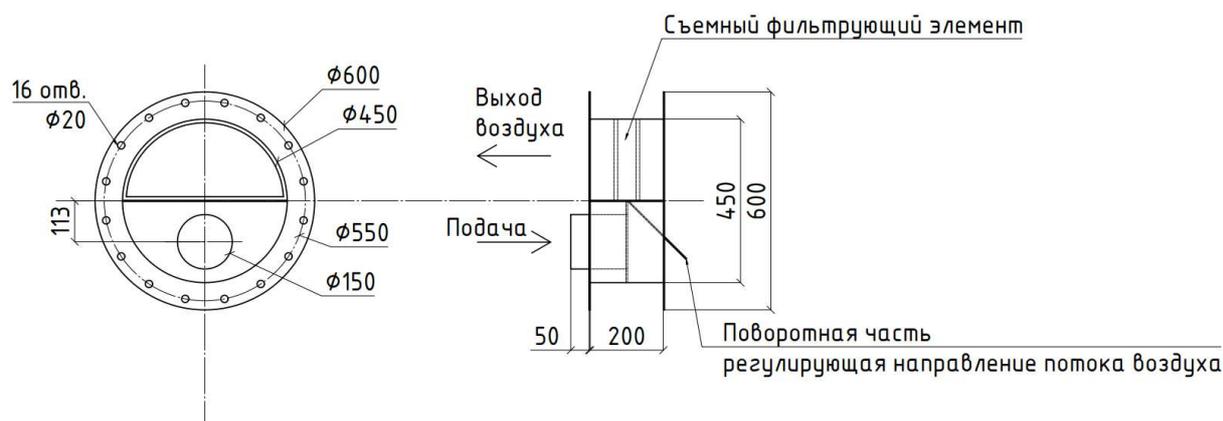
существующих дефектов, не имеет широкого распространения в области дефектоскопии в силу сложности исполнения и высоких экономических затрат проведения контроля. Тем самым задача обнаружения развивающихся дефектов является актуальной как с научных, так и с технических позиций [4]. Поэтому зачастую обеспечение безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, на которых используются газгольдеры, остается недостаточной, и основными сдерживающими факторами являются недостаточное использование методов, выявляющих развивающиеся типы дефектов, а также качественная дегазация и подготовка металлической поверхности.

Таким образом, в целях обеспечения безопасного выполнения работ на объектах газоснабжения, необходимо проводить техническое диагностирование и освидетельствование технологического оборудования с применением средств дегазации. В связи с этим особое значение приобретает повышение эффективности дегазации данного оборудования до начала проведения работ [4, 5] с целью обеспечения безопасного выполнения газоопасных работ. Дегазационная подготовка оборудования в настоящее время является обязательной и проводится с оформлением наряда-допуска и применением специализированного оборудования и технологий дегазации.

При этом в основу цели исследования положен поиск и разработка конструкции наиболее эффективного технологического оборудования и способа дегазации, обеспечивающих минимизацию затрат энергоресурсов на этот процесс, с возможностью снижения вредных выбросов в окружающую среду, так как проведение дегазации связано со значительным выделением различных химических газообразных веществ, содержащихся в остатках газгольдеров.

Внедрение современных энергоэффективных и экологических технологий в связке с новым технологическим оборудованием обеспечат поддержание высокого уровня промышленной безопасности на объектах газораспределительной системы.

Авторами выполнен анализ современных технологий и оборудования, применяемых для дегазации и поддержания высокого уровня промышленной безопасности в газовой отрасли и разработано дегазационно-вентиляционное устройство ДВУ-ФС-1/450, вид которого и конструктивные особенности представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Схема разработанного дегазационно-вентиляционного устройства**

Основные принципы, отраженные в разработанной конструкции, с учетом особенностей применения и критериев качества дегазации обозначены в следующем. В процессе дегазации газгольдера методом принудительной вентиляции используются приводные устройства – вентиляторы, оборудованные электромотором. Последний обязательно должен иметь взрывозащищенный корпус. Для подачи атмосферного воздуха в сосуд монтируются трубопроводы, причем их конструкция выполнена из искробезопасных материалов – брезент или бельтинг и ПВХ материал.

Особенностями дегазационно-вентиляционного устройства ДВУ-ФС-1/450 для дегазации газгольдера являются:

– для подачи воздуха используются специальные крышки люка газгольдера, на которых устанавливается ДВУ-ФС-1/450 с воздухопроводами, данная конструкция обеспечивает герметичность блока прохождения воздухопровода и технологического процесса дегазации;

– атмосферный воздух подают на скорости различных скоростях начиная с 2 м/с, при этом максимальный напор зависит от концентрации паров в газгольдере;

– в ходе предварительных исследований определено, что на скорости от 1 м/с и ниже дегазация газгольдера запрещается, ввиду скопления большого объема взрывоопасных веществ в системе отвода дегазационного устройства.

### **Выводы**

Для повышения уровня эффективности и экологичности работ по дегазации, появилась необходимость более детального изучения вопросов, связанных с изучением тепло- массообменных и вентиляционных процессов в зоне ведения дегазационных работ. Детальное изучение данных процессов распределения тепловой, вентиляционной и газовой динамики при применении различных технологических процессов и оборудования, позволило определить наиболее современные и эффективные пути научно оправданных технологий дегазации.

### **Список цитированных источников**

1. О промышленной безопасности : Закон Респ. Беларусь, 5 янв. 2016 г. № 354-З // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=N11600354> (дата обращения: 30.10.2024).

2. Правила по обеспечению промышленной безопасности при добыче нефти и газа : утв. пост. Мин-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 22 нояб. 2013 г. № 55. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21328122p> (дата обращения: 30.10.2024).

3. Ликвидация последствий взрыва газовоздушной смеси // Мин-во по чрезвычайным ситуациям, 2024. – URL: <https://rosn.mchs.gov.by/novosti/460013/> (дата доступа: 30.10.2024).

4. Naik, S. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells / S. Naik, S. Yang, P. Bedrikovetsky, M. Woolley // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 67. – P. 56–70.

5. Burlutskii, E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling / E. Burlutskii // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 62. – P. 294–301.

### **References**

1. Zakon Respubliki Belarus' «O promyshlennoj bezopasnosti» ot 5 janvarja 2016 g. № 354-Z (prinjat Palatoj predstavitelej 10 dekabnja 2015 goda, odobren Sovetom Respubliki 18 dekabnja 2015 goda).

2. Pravila po obespečeniju promyshlennoj bezopasnosti pri dobyche nefti i gaza utv. Postanovleniem Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus' ot 22 nojabrja 2013 g. № 55.

3. Likvidacija posledstvij vzryva gazovozdushnoj smesi // Ministerstvo po chrezvychajnym situacijam 2024. URL: <https://rosn.mchs.gov.by/novosti/460013/> (data dostupa: 30.10.2024).

4. Naik S., Yang S., Bedrikovetsky P., Woolley M. Analytical modelling of the water block phenomenon in hydraulically fractured wells // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2019, vol. 67, pp. 56—70.

5. Burlutskii E. An assessment of the effectiveness of the analytical methods to fracture propagation control using accurate mathematical modelling // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2019, vol. 62, pp. 294—301.

УДК 64-6

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПАРОТУРБИННЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ

*М. Сарыев, Ш. Аллакулыев, А. Ходжалыев, ст. преподаватели,  
Государственный энергетический институт Туркменистана,  
Мары, Туркменистан*

### Аннотация

В работе представлены основные преимущества и недостатки вспомогательного оборудования тепловых электрических станций. Рассмотрен пример вспомогательного оборудования и его основные технические характеристики

**Ключевые слова:** энергоблок, конденсатор, эжектор, давление, температура.

## INCREASING THE OPERATION EFFICIENCY OF STEAM TURBINE POWER UNITS

**M. Saryev, Sh. Allakulyev, A. Hodzhalyev**

### Abstract

The paper presents the main advantages and disadvantages of auxiliary equipment of thermal power plants. An example of auxiliary equipment and its main technical characteristics are considered

**Keywords:** power unit, condenser, ejector, pressure, temperature.

Производство электрической энергии в тепловых электрических станциях осуществляется в следующей последовательности: вода высокого давления, обессоленная и очищенная от неконденсирующихся газов, подается в паровой котел и движется по теплообменным трубам котла, и за счет тепловой энергии, выделяющейся при сгорании топлива в котле, производится пар высокого давления. Произведенный пар высокого давления направляется в рабочие лопатки турбины, и кинетическая энергия пара преобразуется в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, производит электрическую энергию в электрогенераторе. Пар, образующийся в турбине, конденсируется в конденсаторе и через конденсатный насос проходит через регенеративные подогреватели