

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. В.Г. ШУХОВА

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК
БГТУ им. В.Г. ШУХОВА

№ 6, 2019 год

Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова

научно-теоретический журнал

К рассмотрению и публикации в НТЖ «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова» принимаются научные статьи и обзоры по фундаментальным и прикладным вопросам в области строительства, архитектуры, произ

водства строительных материалов и композитов специального назначения, химических технологий, машиностроения и машиноведения, освещающие актуальные проблемы отраслей знания, имеющие теоретическую или практическую значимость, а также направленные на внедрение результатов научных исследований в образовательную деятельность.

Журнал включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 05.23.01** – Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)
- 05.23.03** – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение (технические науки)
- 05.23.05** – Строительные материалы и изделия (технические науки)
- 05.23.20** – Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия (архитектура)
- 05.23.21** – Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура)
- 05.23.22** – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (технические науки)
- 05.23.22** – Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов (архитектура)
- 05.17.06** – Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки)
- 05.17.11** – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (технические науки)
- 05.02.05** – Роботы, мехатроника и робототехнические системы (технические науки)
- 05.02.07** – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки)
- 05.02.08** – Технология машиностроения (технические науки)
- 05.02.13** – Машины, агрегаты и процессы (по отраслям) (технические науки)

Все поступающие материалы проходят научное рецензирование (двойное слепое). Рецензирование статей осуществляется членами редакционной коллегии, ведущими учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, а также приглашенными рецензентами – признанными специалистами в соответствующей отрасли знания. Копии рецензий или мотивированный отказ в публикации предоставляются авторам и в Минобрнауки России (по запросу). Рецензии хранятся в редакции в течение 5 лет.

Редакционная политика журнала базируется на основных положениях действующего российского законодательства в отношении авторского права, плагиата и клеветы, и этических принципах, поддерживаемых международным сообществом ведущих издателей научной периодики и изложенных в рекомендациях Комитета по этике научных публикаций (COPE).

Официальный сайт журнала: http://vestnik_rus.bstu.ru

Тел: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 44446.

Online подписка: <http://www.akc.ru/itm/2558104627/>

Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov scientific and theoretical journal

Scientific articles and reviews on fundamental and applied questions in the field of construction, architecture, productions of construction materials and composites of a special purpose, chemical technologies, machine building and engineering science covering the current problems of branches of knowledge having the theoretical or practical importance and also directed to introduction of research results in educational activity are accepted to be considered and published in the journal.

The journal is included in the list for peer-reviewed scientific publications approved by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Science and Education of the Russian Federation, which should publish the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences, for scientific specialties and relevant branches of science:

- 05.23.01** – Building structures, constructions and facilities (technical sciences)
- 05.23.03** – Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting (technical sciences)
- 05.23.05** – Building materials and products (technical sciences)
- 05.23.20** – Theory and history of architecture, restoration and reconstruction of historical and architectural heritage (architecture)
- 05.23.21** – Architecture of buildings and structures. Creative concepts of architectural activity (architecture)
- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (technical sciences)

- 05.23.22** – Urban planning, rural settlement planning (architecture)
- 05.17.06** – Technology and processing of polymers and composites (technical sciences)
- 05.17.11** – Technology of silicate and refractory nonmetallic materials (technical sciences)
- 05.02.05** – Robots, mechatronics and robotic systems (technical sciences)
- 05.02.07** – Technology and equipment of mechanical and physical-technical processing (technical sciences)
- 05.02.08** – Engineering technology (technical sciences)
- 05.02.13** – Machines, units and processes (branch-wise) (technical sciences)

All arriving materials undergo scientific reviewing (double blind). Reviewing of articles is carried out by the members of editorial board, the leading scientists of BSTU named after V.G. Shukhov and by invited reviewers – recognized experts in the relevant branch of knowledge. Copies of reviews or motivated refusal in the publication are provided to the authors and to the Ministry of Science and Education of the Russian Federation (on request). Reviews are stored in the editorial office for 5 years.

The editorial policy of the journal is based on the general provisions of the existing Russian legislation concerning copyright, plagiarism and slander, and the ethical principles maintained by the international community of the leading publishers of the scientific periodical press and stated in the recommendations of the Committee on Publication Ethics (COPE).

Official website of the journal: http://vestnik_eng.bstu.ru
Tel.: +7 (4722) 30-99-77. E-mail: VESTNIK@intbel.ru
Subscription index in the united catalogue of "Press of Russia" – 44446.
Online subscription: <http://www.akc.ru/itm/2558104627/>

Главный редактор

Евтушенко Евгений Иванович, д-р техн. наук, проф., первый проректор, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Заместитель главного редактора

Уваров Валерий Анатольевич, д-р техн. наук, проф., директор инженерно-строительного института, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Члены редакционной коллегии

Айзенштадт Аркадий Михайлович, д-р хим. наук, проф., заведующий кафедрой композиционных материалов и строительной экологии Высшей инженерной школы, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (РФ, г. Архангельск).

Баженов Юрий Михайлович, академик РААСН наук, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии вяжущих веществ и бетона НИУ МГСУ (РФ, г. Москва).

Благоевич Деян, PhD, проф. Высшей технической школы по профессиональному образованию в Нише (Республика Сербия, г. Ниш).

Богданов Василий Степанович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Большаков Андрей Геннадьевич, д-р арх., проф., зав. каф. архитектурного проектирования Иркутского национального исследовательского технического университета (РФ, г. Иркутск).

Борисов Иван Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Братан Сергей Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Севастопольского государственного университета (РФ, г. Ставрополь).

Везенцев Александр Иванович, д-р техн. наук, проф., зав. каф. общей химии Белгородского государственного национального исследовательского университета (РФ, г. Белгород).

Глаголев Сергей Николаевич, д-р экон. наук, ректор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Грабовый Петр Григорьевич, д-р экон. наук, проф., заведующий кафедрой организации строительства и управления недвижимостью, НИУ МГСУ (РФ, г. Москва).

Гридчин Анатолий Митрофанович, д-р техн. наук, проф., Президент Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Давидюк Алексей Николаевич, д-р техн. наук, директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (РФ, г. Москва).

Дуюн Татьяна Александровна, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Ерофеев Владимир Трофимович, академик РААСН, д-р техн. наук, проф., декан архитектурно-строительного факультета, заведующий кафедрой строительных материалов и технологий, директор НИИ «Материаловедение» Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва (РФ, Республика Мордовия, г. Саранск).

Зайцев Олег Николаевич, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Академии строительства и архитектуры – структурное подразделение Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского (РФ, г. Симферополь).

Ильвицкая Светлана Валерьевна, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектуры Государственного университета по землеустройству (РФ, г. Москва).

Козлов Александр Михайлович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения Липецкого государственного технического университета (РФ, г. Липецк).

Леонович Сергей Николаевич, иностранный член академик РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии строительного производства Белорусского национального технического университета (Республика Беларусь, г. Минск).

Лесовик Валерий Станиславович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой строительного материаловедения изделий и конструкций Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Логачев Константин Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Мещерин Виктор Сергеевич, PhD, проф., директор института строительных материалов и заведующий кафедрой строительных материалов Дрезденского Технического Университета (Германия, г. Дрезден).

Меркулов Сергей Иванович, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Курского государственного университета (РФ, г. Курск).

Павленко Вячеслав Иванович, д-р техн. наук, проф., директор института химических технологий, заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Павлович Ненад, PhD, проректор по научной работе и издательской деятельности, проф. Машиностроительного факультета Государственного Нишского университета (Республика Сербия, г. Ниш).

Пивинский Юрий Ефимович, д-р техн. наук, проф., научный руководитель ООО «Научно-внедренческая фирма «КЕРАМБЕТ-ОГ-НЕУПОР» (РФ, г. Санкт-Петербург).

Потапов Евгений Эдуардович, д-р хим. наук, проф. МИРЭА – Российского технологического университета (РФ, г. Москва).

Рыбак Лариса Александровна, д-р техн. наук, проф. кафедры технологии машиностроения Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Савин Леонид Алексеевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой мехатроники, механики и робототехники Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (РФ, г. Орел).

Семенов Сергей Владимирович, д-р арх., проф., заведующий кафедрой архитектурного и градостроительного наследия Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (РФ, г. Санкт-Петербург).

Сиваченко Леонид Александрович, д-р техн. наук, проф., кафедры транспортных и технологических машин Белорусского-Российского университета (Республика Беларусь, г. Могилев).

Соболев Константин Геннадьевич, PhD, проф. Университета Висконсин-Милуоки (штат Висконсин, Милуоки, США).

Смоляго Геннадий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Строкова Валерия Валерьевна, проф. РАН, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой материаловедения и технологии материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Фишер Ханс-Бертрам, Dr.-Ing., заместитель заведующего кафедрой «Строительные материалы» Баухаус-Университет Ваймар (Германия, г. Веймар).

Ханин Сергей Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шаповалов Николай Афанасьевич, д-р техн. наук, проф. Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (РФ, г. Белгород).

Шубенков Михаил Валерьевич, академик РААСН, д-р арх., проф., заведующий кафедрой градостроительства, проректор по образованию в области градостроительства и урбанистики Московского архитектурного института (государственная академия) (РФ, г. Москва).

Юрьев Александр Гаврилович, д-р техн. наук, проф., кафедры теоретической механики и сопротивления материалов (РФ, г. Белгород).

Яцун Сергей Федорович, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой механики, мехатроники и робототехники Юго-Западного государственного университета (РФ, г. Курск).

CHIEF EDITOR

Evgeniy I. Evtushenko, Doctor of Technical Sciences, Professor; First Vice-Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

DEPUTY OF CHIEF EDITOR

Valery A. Uvarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

MEMBER OF EDITORIAL BOARD

Arkadiy M. Ayzenshtadt, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Russian Federation, Arkhangelsk).

Yuriy M. Bazhenov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (Russian Federation, Moscow).

Deyan Blagoevich, PhD, Professor, Higher Technical School of Professional Education in Nish (Republic of Serbia, Nish).

Aleksandr I. Vezentsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod National Research University (Russian Federation, Belgorod).

Vasiliy S. Bogdanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Andrey G. Bol'shakov, Doctor of Architecture, Professor, Irkutsk National Research Technical University (Russian Federation, Irkutsk).

Ivan N. Borisov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey M. Bratan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Sevastopol State University (Russian Federation, Stavropol).

Sergey N. Glagolev, Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Petr G. Grabovy, Doctor of Economic Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (National research University) (Russian Federation, Moscow).

Anatoliy M. Gridchin, Doctor of Technical Sciences, Professor, President, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Aleksey N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, Director NII ZHB named after A.A. Gvozdeva AO «NIC «Stroitel'stvo» (Russian Federation, Moscow).

Tatyana A. Duyun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Vladimir T. Erofeev, Academician of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Institute "Materials Science", National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev (Russian Federation, Republic of Mordovia, Saransk).

Oleg N. Zaytsev, Doctor of Technical Sciences, Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Russian Federation, Simferopol).

Svetlana V. Il'vitskaya, Doctor of Architecture, Professor, State University of Land Use Planning (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr M. Kozlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lipetsk State Technical University (Russian Federation, Lipetsk).

Valery S. Lesovik, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey N. Leonovich, Foreign member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian National Technical University (Republic of Belarus, Minsk).

Konstantin I. Logachev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Victor S. Meshcherin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University of Dresden (TU Dresden), Director of the Institute of Building Materials and head of the department of building materials (Germany, Dresden).

Sergei I. Merkulov, Corresponding member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kursk State University (Russian Federation, Kursk).

Vyacheslav I. Pavlenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Nenad Pavlovich, PhD, Vice-rector for Scientific Work and Publishing Activities, Professor, Mechanical Engineering Faculty State University of Nish (Republic of Serbia, Nish).

Yuriy E. Pivinski, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the «Research and development company» KERAM-BET-OGNEUPOR» (Russian Federation, Saint Petersburg).

Evgeniy E. Potapov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, MIREA - Russian Technological University (Russian Federation, Moscow).

Larisa A. Rybak, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Leonid A. Savin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev (Russian Federation, Orel).

Sergey V. Sementsov, Doctor of Architecture, Professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation, Saint Petersburg).

Leonid A. Sivachenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belarusian-Russian University (Republic of Belarus, Mogilev).

Konstantin G. Sobolev, PhD, Professor, University of Wisconsin-Milwaukee (USA).

Gennadiy A. Smolyago, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Valeriya V. Strokovaya, Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Hans Bertram Fischer, Dr.-Ing., Deputy Head of the Construction Materials Department, Bauhaus-University of Weimar (Bauhaus-Universität Weimar) (Germany, Weimar).

Sergey I. Khanin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Nikolai A. Shapovalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Mikhail V. Spubnikov, Academician of the Russian Academy of Architecture and Construction, Doctor of Architecture, Professor, Moscow Institute of Architecture (State Academy) (Russian Federation, Moscow).

Aleksandr G. Yur'yev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (Russian Federation, Belgorod).

Sergey F. Yatsun, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southwest State University (Russian Federation, Kursk).

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

- Сорокин В.В., Шарапов О.Н., Шунькин Н.М., Кирюшина Н.Ю.**
НОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ, НАПОЛНЕННОЙ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ 8
- Полоз М.А., Шевченко А.В., Ерижокова Е.С.**
РАСЧЕТ ИЗГИБАЕМЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА ВЛАСОВА-МИЛЕЙКОВСКОГО С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ КОНТАКТНОГО ШВА 14
- Малахов А.В., Косинов В.В.**
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 22
- Карпов Д.Ф.**
ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТНЫХ ПОЛЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 28
- Суслов Д.Ю., Темников Д.О., Алифанова А.И.**
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСЧЕТА ГАЗОПРОВОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА И БИОГАЗА 34
- Абакумов Р.Г., Авилова И.П., Абакумова М.М., Пермякова А.А.**
ЭМПИРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРСОНИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ 41
- Прядко И.П.**
СОЗДАНИЕ БЕЗБАРЬЕРНОГО АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ 49
- Ильвицкая С.В., Конева Е.Ю., Петрова Л.В.**
ВОССОЗДАНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКОГО ОБРАЗА ИНТЕРЬЕРОВ «КРАСНОЙ ЗОНЫ» МАЛОГО ТЕАТРА 58
- Хомякова Ю.Р., Вовженяк П.Ю.**
ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВЕТОДИЗАЙНЕ 63
- Дмитрийчук Н.М., Денисова Ю.В.**
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ ПАРКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ 70
- Точина В.П., Попов А.Д., Танкова Н.А.**
ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РЕНОВАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ 78
- Николаева А.С.**
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННО-ЭСТЕТИЧЕСКОГО ОБЛИКА ТУРИСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА БАЙКАЛЕ 83

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Шатохина Д.С.**
РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА С ПОМОЩЬЮ МОДИФИКАТОРОВ 90
- Кудеярова Н.П., Ожерельева А.Ю.**
ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ГИПСА НА КАЧЕСТВО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЯЧЕЙСТОЙ СТРУКТУРЫ 96

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Поляков А.Н., Додоров А.И.**
МЕТОДИКА ВЫБОРА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕСУЩИХ СИСТЕМ СТАНКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИХ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА 102
- Жадановский Б.В., Синенко С.А., Пахомова Л.А., Мухин А.В.**
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА САМОХОДНЫХ КРАНОВ 117
- Серебрянный В.В., Бошляков А.А., Огородник А.И.**
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ РОБОТОВ 123
- Сазанович В.В., Муравьев К.А.**
СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАДАРНОГО МЕТОДА И МЕТОДА ОСНОВАННОГО НА ПЕРЕПАДЕ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ В РЕЗЕРВУАРАХ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ 136
- Фархадов З.И., Рагимов Ш.Р., Абдуллаев С.А., Осадчая М.С.**
УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ 144

DOI: 10.34031/article_5d01f05d0d73c7.45284021

¹Сазанович В.В., ²Муравьев К.А.¹Управление по переработке газа ПАО «Сургутнефтегаз»

Россия, 628415, г. Сургут, ул. Энтузиастов, д. 59

²Сургутский институт нефти и газа, филиал Тюменского индустриального университета.

Россия, 628415, г. Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38

*E-mail: mkasing@mail.ru

СОВМЕСТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАДАРНОГО МЕТОДА И МЕТОДА ОСНОВАННОГО НА ПЕРЕПАДЕ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ В РЕЗЕРВУАРАХ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ И ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Аннотация. В статье показана разница между требованиями правил безопасности, применяемыми ранее и применяемыми сейчас в области контроля уровня в шаровых резервуарах для хранения сжиженных углеводородных газов и легко воспламеняющихся жидкостей. Приведено описание двух из самых применяемых в настоящее время методов контроля уровня, показаны их достоинства и недостатки. Описываются конструктивные особенности строения шаровых резервуаров, методы присоединения к ним датчиков контроля уровня. Показана зависимость изменения плотности жидкого продукта от изменения температуры этого продукта. Описываются изменения температуры окружающей среды, связанные с резко континентальными климатическими условиями географического расположения Западно-Сургутского месторождения. Приводится описание сложности контроля за температурой и плотностью рабочей жидкости при теплообмене между жидкостью и окружающей средой в связи с разницей начальных температур между ними. Приводится оценка качества измерения уровня и расчета изменения плотности продукта в шаровых резервуарах при использовании двух методов измерения уровня. А также говорится о методе перерасчета показаний двух принципов измерения уровня, с помощью которого появляется возможность высчитывать значения плотности жидкости, следить за изменениями плотности, без информации о текущих значениях температуры жидкости.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом, датчики перепада давления, Западно-Сургутское месторождение, легко воспламеняющиеся жидкости, сжиженные углеводородные газы, пропан-бутан технический, радарные уровнемеры, уровень, шаровые резервуары.

Введение. Актуальность темы. Основной пик развития нефтегазодобывающей отрасли на Западно-Сургутском месторождении пришелся на 60-е–80-е годы двадцатого века. За это время была сильно развита инфраструктура отрасли, построено большое количество производственных мощностей, эксплуатируемых до сих пор. Но промышленность не останавливается на месте, а продолжает развиваться. Совершенствуются методы добычи, хранения и переработки, совершенствуются методы контроля и измерения. А также ужесточаются требования безопасности к эксплуатации оборудования. Современные требования безопасности обязаны выполняться и для оборудования, которое эксплуатируется с 60-х–80-х годов прошлого века, т.е. на данном оборудовании должны проводиться работы для приведения оборудования к соответствию с новыми требованиями.

Постановка проблемы и анализ литературы. В 2003 году были разработаны правила безопасности ПБ 09-566-03 «Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легко воспламеняющихся жидкостей под

давлением» [15], в которые, по отношению к применяемым ранее правилам, был внесен ряд изменений и дополнений, в том числе и к принципу контроля уровня. Согласно п. 8.11 новых правил: «Резервуары должны оснащаться не менее чем тремя приборами для измерения уровня. Предупредительная и предаварийная сигнализация предельного верхнего и нижнего уровней должна осуществляться от двух независимых датчиков с отдельными точками отбора параметров технологической среды. Значение уставок предупредительной сигнализации предельных верхнего и нижнего уровней указывается в проекте с учетом времени, необходимого на проведение операций по прекращению подачи СУГ и ЛВЖ в резервуар и откачке среды из резервуара».

Но согласно более ранним редакциям данных правил количество приборов измерения уровня равнялось двум, на основании чего на резервуарах прошлого века устанавливалось всего два уровнемера. Т.е. возникла необходимость монтажа третьего уровнемера (требования к сиг-

нализации предельных верхнего и нижнего уровней не изменились, поэтому в статье на них внимание не акцентируется).

Для рассмотрения проблемы, возьмем для примера один из активно применяемых в 60-е – 80-е годы шаровых резервуаров [2, 4, 8] объемом $V = 600 \text{ м}^3$ (рис. 1, 2, 3).

Измерение уровня на данных резервуарах производится с помощью датчиков перепада давления.

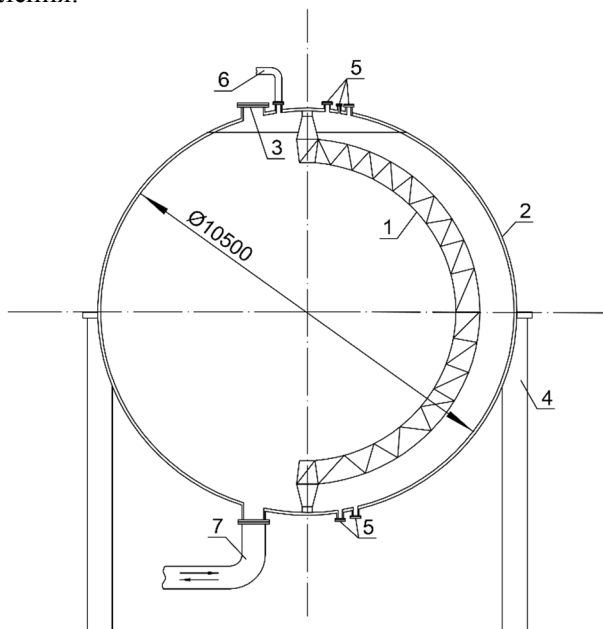


Рис. 1. Шаровый резервуар $V = 600 \text{ м}^3$

- 1 – поворотная лестница; 2 – корпус; 3 – люк обслуживания резервуара; 4 – опора; 5 – фланцы; 6 – трубопровод факельного коллектора; 7 – трубопровод подачи-откачки продукта

Как видно из рисунка 2, в верхней части резервуара расположены два фланца для импульсных линий двух датчиков перепада давления. Аналогично существует два фланца для двух датчиков перепада давления и внизу резервуара (рисунки 3). Импульсная линия, это металлическая трубка (обычно диаметром 10–15 мм).

Подключение импульсной линии к резервуару происходит следующим образом (рисунки 4). К фланцу (1) резервуара приваривается штуцер (3), к которому с помощью резьбового штуцерного соединителя (4) прикручивается отсечной кран. К импульсной линии (6) так же прикрепляется резьбовой штуцерный соединитель и так же происходит резьбовое соединение с краном [11].

Приведем описание и принцип действия датчиков перепада давления для измерения уровня в шаровых резервуарах [7, 9, 10, 12].

Датчики давления (перепада давления) используют наиболее распространенную технологию измерения уровня жидкости. Датчики имеют несложную конструкцию, отличаются простотой монтажа и эксплуатации. Одной из важнейших

эксплуатационных характеристик датчика является то, что его можно вывести из эксплуатации без нарушения герметичности резервуара, т.к. они присоединяются к резервуару импульсными линиями (трубками), которые отсекаются от резервуара запорной арматурой (отсечными кранами).

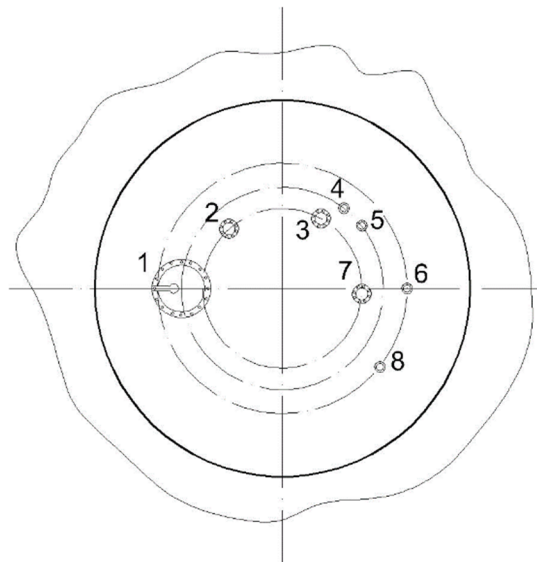


Рис. 2. Верх резервуара $V = 600 \text{ м}^3$

- 1 – люк обслуживания резервуара; 2 – фланец трубопровода факельного коллектора; 3 – резервный фланец; 4 – фланец для подключения импульсной линии датчика перепада давления 1; 5 – фланец для подключения импульсной линии датчика перепада давления 2; 6 – фланец для сигнализатора верхнего уровня; 7 – резервный фланец; 8 – фланец для подачи газа подпора (сухого газа)

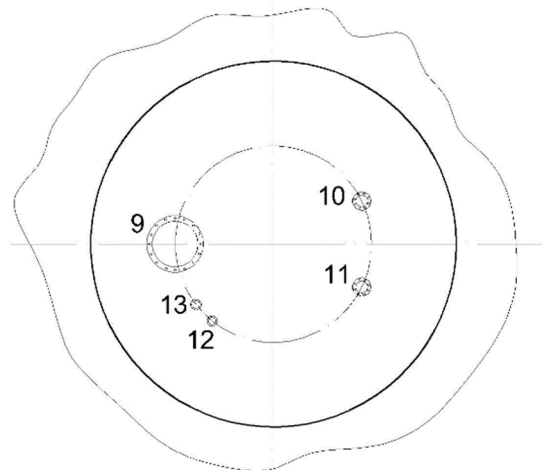


Рис. 3. Низ резервуара $V = 600 \text{ м}^3$

- 9 – Фланец для трубопровода подачи-откачки продукта; 10 – фланец для подключения импульсной линии датчика перепада давления 1; 11 – фланец для подключения импульсной линии датчика перепада давления 2; 12 – фланец для сигнализатора нижнего уровня; 13 – резервный фланец

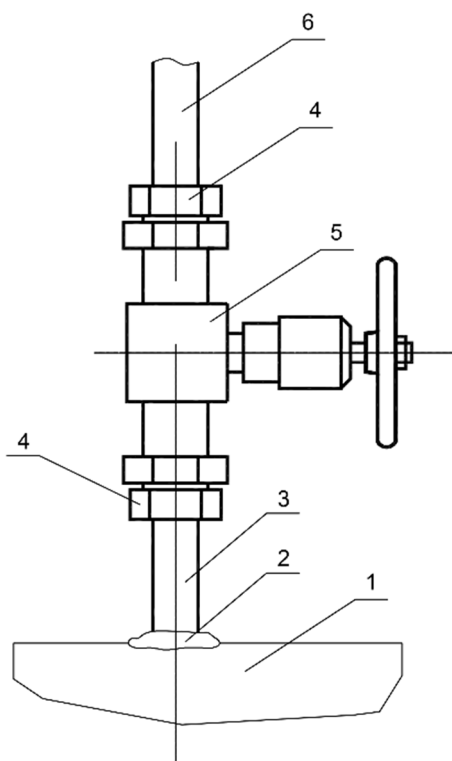


Рис. 4. Подсоединение импульсной линии датчика перепада давления к шаровому резервуару
 1 – поверхность фланца резервуара; 2 – сварной шов;
 3 – штуцер; 4 – соединитель штуцерный;
 5 – кран отсечной; 6 – импульсная линия (труба)

Для резервуаров, находящихся под давлением парагазового пространства, применяются датчики перепада давления. Одна из импульсных линий присоединяется к верху резервуара (верхний отбор), другая к низу (нижний отбор).

На нижнем отборе вблизи дна резервуара, измеряется сумма гидростатического давления (давления столба жидкости, обусловленное весом жидкости) и давления в парагазовом пространстве (газ подпора, см. рис. 2, позиция 8). На верхнем отборе измеряется только давление в парагазовом пространстве. Разность давлений на отборах (дифференциальное давление) используется для определения уровня.

Уровень = Дифференциальное давление / Удельный вес

Единицы измерения давления не соответствуют единицам измерения длин, поэтому приходится производить перерасчет единиц измерения ($1 \text{ м в.ст.} = 0,1 \text{ кг/см}^2 = 9,81 \text{ кПа}$).

Достоинства: датчики экономичны, просты в обслуживании. Применимы для многих емкостей с разными жидкостями, работают в широком диапазоне температур и давлений, при наличии пены и беспокойной поверхности.

Недостатки: Изменение плотности жидкости способно влиять на погрешность показаний дат-

чика. Требуется защиты импульсных линий от образования в них конденсата и обледенения в зимнее время года.

Методика решения проблемы. Самым простым методом решения проблемы видится монтаж третьего датчика перепада давления с присоединением импульсных линий к резервным фланцам верха и низа резервуара (см. рис. 2, 3). Но Западно-Сургутское месторождение расположено на территории с ярко выраженными резко климатическими изменениями температуры окружающей среды от 55°C в летний период времени до минус 55°C в зимний (без учета самых экстремальных значений температур). При изменении температуры меняется плотность вещества [1, 5], а значит при падении температуры происходит увеличение плотности жидкости, хранящейся в резервуаре, уменьшение объема жидкости при той же ее массе и, соответственно, уменьшается уровень жидкости в резервуаре. Как говорилось выше, изменение плотности жидкости влияет на погрешность показания датчика перепада давления.

Рассмотрим альтернативу третьему датчику перепада давления.

Последние десятилетия промышленностью стали активно разрабатываться и выпускаться датчики измерения уровня, лишенные недостатков датчиков перепада давления – радарные уровнемеры [7, 9, 10, 12].

Работа радарных (радиолокационных) уровнемеров основывается на явлении отражения электромагнитных волн от границы раздела сред, различающихся электрическими и магнитными свойствами.

Скорость v распространения электромагнитной волны в среде определяется значениями ее диэлектрической ϵ и магнитной μ проницаемостей:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

где c – скорость света в вакууме.

Радарный уровнемер состоит из излучателя электромагнитной энергии, приемника и преобразователя измерения интервала времени.

Волны, достигая границы раздела сред (газ-жидкость), отражаются от второй среды и возвращаются к приемнику. Затем высчитывается интервал времени движения волн, который преобразуется в путь – т.е. при делении на два, в расстоянии от уровнемера до уровня жидкости.

Достоинства: локация ведется через газовую среду, без непосредственного контакта датчика с жидкостью. Магнитные и диэлектрические про-

нищаемости газов невелики и практически не зависят от изменения параметров и свойств газа, что не влияет на погрешность уровнемеров.

Недостатки: трудность точного измерения малых интервалов времени, чувствительность к нахождению в зоне излучения посторонних предметов, сложная электроника, требующая бережного обращения, высокая стоимость.

Посмотрим теперь на чертеж резервуара, с установленными на нем датчиками измерения уровня (рис. 5).

На рисунке кроме датчиков давления LT1 и LT2 (LT - Level Transmitter) изображен радарный уровнемер LT3 [7, 9, 12]. Как видно из рисунка, в зоне излучения (4) радарного уровнемера отсутствуют посторонние предметы, что подтверждает возможность применения радарного уровнемера для шарового резервуара. Уровнемер врезается непосредственно в резервный фланец 7 верха резервуара согласно рис. 2.

Перейдем к теперь к рассмотрению эффектов, которые можно получить при применении двух методов измерения уровня.

Как говорилось выше, плотность вещества зависит от температуры. Рассмотрим изменение плотности на примере пропан-бутана технического (ПБТ) – одного из продуктов нефтегазодобывающей отрасли Западно-Сургутского месторождения.

На рис. 6 представлена зависимость изменения плотности от температуры для ПБТ с 60 % содержанием в смеси пропана и 40 % содержанием бутана (60/40) [14].

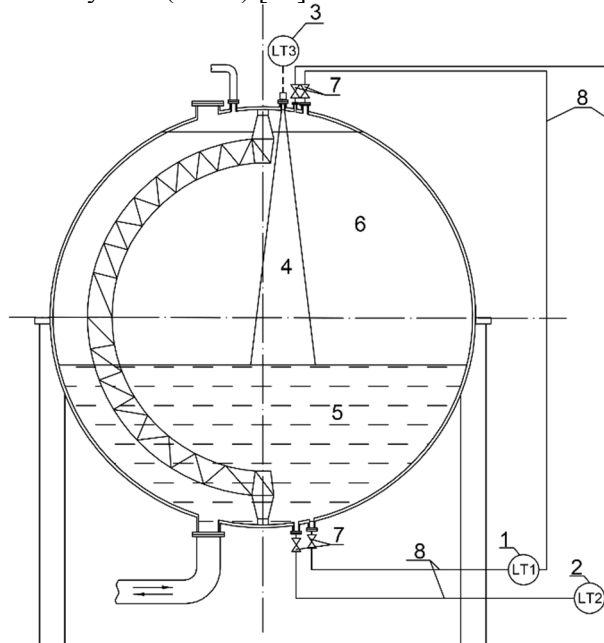


Рис. 5. Шаровый резервуар с установленными на нем датчиками уровня

- 1 – датчик перепада давления 1 (LT1); 2 – датчик перепада давления 2 (LT2); 3 – радарный уровнемер (LT3); 4 – зона излучения радарного уровнемера;
- 5 – жидкость; 6. газ подпора (сухой газ); 7 – отсечные краны; 8 – импульсные линии

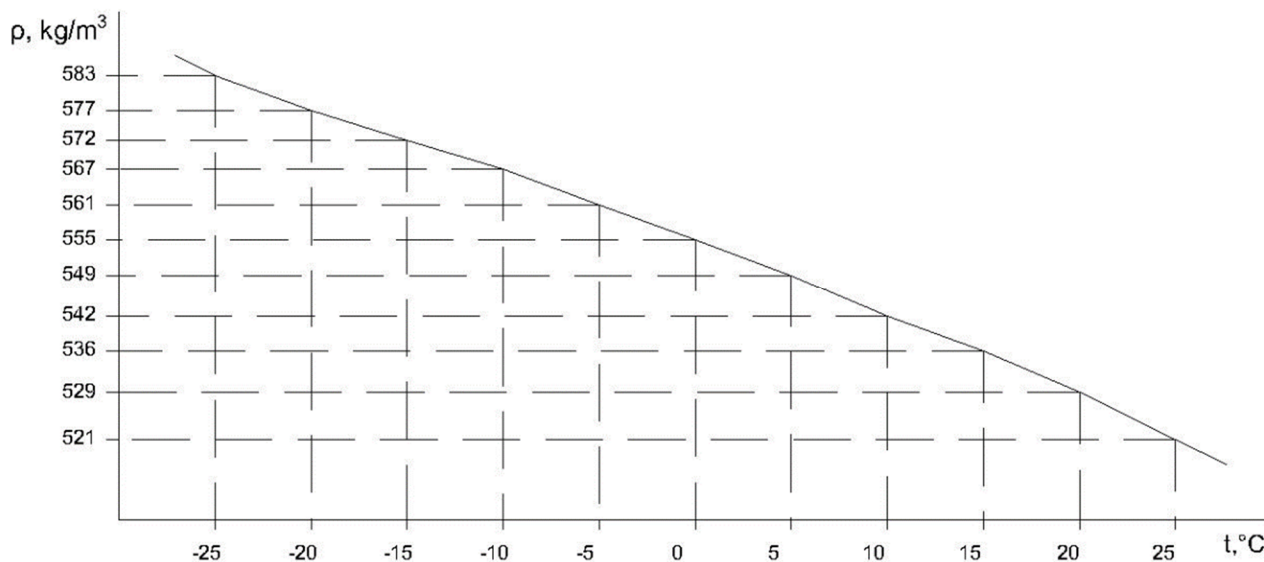


Рис. 6. Зависимость изменения плотности от температуры для ПБТ с процентным содержанием 60/40

Как видно из рисунка, при изменении температуры от -25°C до 25°C плотность изменилась на 62 kg/m^3 .

Произведем расчет давления ПБТ при температуре 20°C ($\rho = 529 \text{ kg/m}^3$).

Применим для расчетов формулу гидростатического давления столба жидкости:

$$P = \rho gh,$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 ,
 h – высота жидкости, m .

При 20°C , при высоте жидкости ПБТ равной 4 m , давление будет составлять:

$$529 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/c}^2 \cdot 4 \text{ m} = 20,7368 \text{ kPa}.$$

Если температура окружающей среды уменьшится до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, то плотность ПБТ увеличится до 583 кг/м^3 . Т.е., при сохранении той же массы жидкости (давления), высота столба жидкости станет равной:

$$h = P/(\rho g);$$

$$20,7368\text{ кПа}/(583\text{ кг/м}^3 \cdot 9,8\text{ м/с}^2) = 3,630\text{ м}.$$

Т.е. при изменении температуры от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ высота ПБТ уменьшится на $0,37\text{ м}$.

Показания от датчиков перепада давления (в кПа) передаются в автоматизированную систему управления технологическим процессом (АСУ ТП), где и производится перерасчет давления в высоту уровня жидкости [3, 6, 13].

В АСУ ТП можно автоматически изменять значения плотности по табличным данным с учетом температуры окружающей среды. Но готовый продукт подается в шаровые резервуары (по

трубопроводу 7, согласно рисунка 1) с температурой, отличной от температуры окружающего воздуха – к примеру, при температуре воздуха $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура подаваемой жидкости может составлять $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате теплообмена температура жидкости начнет постепенное изменение в сторону уменьшения. В приведенном графике (рис. 6) указано изменение плотности ПБТ в процентном содержании пропан/бутан 60/40, но реально подаваемое значение процентного содержания так же может отличаться от табличных данных – к примеру 67/33 или 52/48. На основании сказанного можно прийти к выводу, что в реальных условиях ввести в АСУ ТП реальное значение плотности невозможно.

Теперь рассмотрим совместное применение на резервуаре двух методов измерения уровня – радарный метод и метод контроля перепада давления.

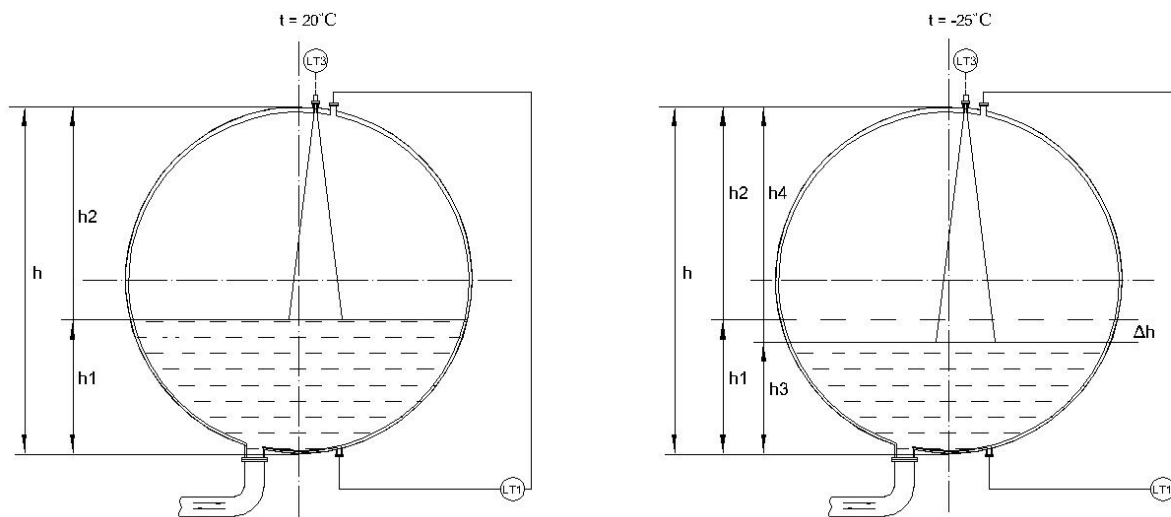


Рис. 7. Изменение уровня жидкости в шаровом резервуаре при изменении температуры

На рисунке 7 схематически изображено изменение уровня жидкости в резервуаре при изменении температуры. LT1 – датчик перепада давления, LT3 – радарный уровнемер.

Допустим, при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ плотность жидкости нам известна. Высота жидкости – $h1$. Высота свободного от жидкости пространства – $h2$. Радарный уровнемер передает в АСУ ТП (реализованную на базе микропроцессорной техники) значение $h2$, которое преобразовывается в АСУ ТП в значение $h1$ (диаметр резервуара – h , $h - h2 = h1$).

Показания от датчика перепада давления так же передаются в АСУ ТП, где с учетом известного значения ρ_1 происходит перерасчет давления в значение $h1$.

При понижении температуры жидкости до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность увеличивается до значения ρ_2 ,

уровень падает на Δh и понижается до значения $h1 - \Delta h = h3$.

Показания радарного уровнемера LT3 фиксируют это изменение: $h2 + \Delta h = h4$.

В АСУ ТП после перерасчета значений от радарного уровнемера выдает измененное значение уровня: $h - h4 = h3$.

Так как давление жидкости в резервуаре не изменилось, то и показания от датчика перепада давления LT1 так же не изменились.

Согласно формуле, значение давления при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ будет:

$$P = \rho_1 g h_1,$$

При температуре $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$P = \rho_2 g h_3 = \rho_2 g (h_1 - \Delta h).$$

Сравнивая формулы для двух значений температур, получаем:

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g (h_1 - \Delta h),$$

$$\rho_2 = \rho_1 h_1 / (h_1 - \Delta h).$$

Отсюда приходим к выводу, что совместное использование радарного и гидростатического методов измерений позволяет вычислять значение плотности жидкости.

Заключение. Установка радарного уровнемера для шаровых резервуаров, эксплуатируемых на Западно-Сургутском месторождении с 60-х – 80-х годов и использующих для измерения уровня по два датчика перепада давления, является одним из самых оптимальных методов реализации требований п. 8.11 правил ПБ 09-566-03 «Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легко воспламеняющихся жидкостей под давлением». Радарный уровнемер не только доводит количество устанавливаемых на резервуаре датчиков контроля уровня до трех, но и позволяет проводить дополнительные перерасчеты плотности жидкости с учетом значений давления от датчиков перепада давления.

Совместное применение приведенных в статье двух методов измерения уровня позволяет вносить поправки в расчет значений уровня от датчиков перепада давления, а также контролировать изменение плотности продукта, неизбежно возникающее при изменении температуры жидкости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архаров А.М., Исаев С.И. Теплотехника: учеб. для ВУЗов. М.: Машиностроение, 1986. 432 с.
2. Дикун В.Н., Шейнблит Я.А. Сооружение шаровых резервуаров. М.: Недра, 1987. 192 с.
3. Карпович Д.С., Барашко О.Г. Автоматика, автоматизация и автоматизированные системы управления технологическими процессами. Минск: БГТУ, 2009. 70 с.

4. Короев Ю.И. Черчение для строителей: учеб. для проф. учеб. заведений. 7-е изд., стереотип. М.: Высшая школа, Изд. Центр «Академия», 2001. 256 с.

5. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для ВУЗов. М.: Высшая школа, Изд. Центр «Академия», 2003. 261 с.

6. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Разработка функциональных схем автоматизации при проектировании автоматизированных систем управления процессами пищевых производств. С.-Пб: СПбГУНиПТ, 2012. 52 с.

7. Медведева Р.В., Мельников В. П. Средства измерений. М.: КноРус, 2011. 240 с.

8. Николаев Н.В., Иванов В.А., Новоселов В.В. Стальные вертикальные резервуары низкого давления для нефти и нефтепродуктов. Тюмень, 2001. 767 с.

9. Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений. М.: Академия, 2011. 272 с.

10. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. М.: Академия, 2008. 336 с.

11. Филиппов В.В. Технологические трубопроводы и трубопроводная арматура: учеб. пособие. Самара: СамГТУ, 2012. 66 с.

12. Шишмарев В.Ю. Средства измерений. М.: Академия, 2012. 320 с.

13. ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. Введ. 2014-11-01. М.: Стандартинформ, 2015. 31 с.

14. ГОСТ Р 52087-2003. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия. Введ. 2004-07-01. М.: Госстандарт России, 2003. 11 с.

15. ПБ 09-566-03. Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легко воспламеняющихся жидкостей под давлением. М.: Деан, 2004. 80 с.

Информация об авторах

Сазанович Вячеслав Васильевич, ведущий инженер по наладке и испытаниям отдела автоматизации производства. E-mail: vsslav@mail.ru. Управление по переработке газа ПАО «Сургутнефтегаз» 628415, Сургут, ул. Энтузиастов, д. 59.

Муравьев Константин Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела. E-mail: mkasing@mail.ru. Сургутский институт нефти и газа, филиал Тюменского индустриального университета. Россия, 628415, Сургут, ул. Энтузиастов, д. 38.

Поступила в февраль 2019 г.

© Сазанович В.В., Муравьев К.А., 2019

¹*Sazanovich V.V.,* ²*Muravyov K.A.*

¹*Gas Processing Department of Surgutneftegaz, PJSC
Russia, 628415, Surgut, st. Enthusiasts, d. 59.*

²*Surgut Oil and Gas Institute, a branch of the Tyumen Industrial University.
Russia, 628415, Surgut, st. Enthusiasts, d. 38.*

**E-mail: mkasing@mail.ru*

THE COMBINED USE OF THE RADAR METHOD AND THE METHOD BASED ON THE DIFFERENTIAL PRESSURE FOR LEVEL MEASUREMENT IN STORAGE TANKS OF LIQUEFIED HYDROCARBON GASES AND HIGHLY FLAMMABLE LIQUIDS UNDER PRESSURE

Abstract. *The article shows the difference between the present and previous requirements of safety regulations in the field of level control in spherical tanks for storage of liquefied hydrocarbon gases and flammable liquids. The description of two of the most currently used methods of level control is given, their advantages and disadvantages are presented. The design features of the structure of spherical tanks, methods of joining them to the level control sensors are described. The dependence of the density change of the liquid product on the temperature change is shown. The changes in the ambient temperature associated with sharply continental climatic conditions of geographical location of the West Surgut field are described. The article demonstrates the complexity of monitoring the temperature and density of the working fluid in the heat exchange between the liquid and the environment due to the initial temperature differences between them. The quality assessment of level measurement and calculation of product density change in spherical tanks using two methods of level measurement is given. In addition, the method of recalculating the readings of the two principles of level measurement is shown, which makes possible to calculate the density of the liquid, to monitor changes in density, without data on the current values of the liquid temperature.*

Keywords: *automated control system of technological process, differential pressure sensors, West Surgut field, flammable liquids, liquefied hydrocarbon gases, technical propane-butane, radar level gauges, level, spherical tanks.*

REFERENCES

1. Arharov A.M., Isaev S.I. Heat engineering: studies. for universities [*Teplotekhnika: ucheb. dlya VUZov*]. M.: Mashinostroenie, 1986. 432 p. (rus)
2. Dikun V.N., Shejnbliid Ya.A. Construction of ball tanks [*Sooruzhenie sharovykh rezervuarov*]. M.: Nedra, 1987. 192 p. (rus)
3. Karpovich D.S., Barashko O.G. Automation, automation and automated process control systems [*Avtomatika, avtomatizatsiya i avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi procesami*]. Minsk: BGTU, 2009. 70 p. (rus)
4. Koroev Yu.I. Drawing for builders: studies. for prof studies. institutions'. 7-e Izd., stereotype [*Cherchenie dlya stroitelej: ucheb. dlya prof. ucheb. zavedenij. 7-e izd., stereotip*]. M.: Vysshaya shkola, Izd. Centr «Akademiya», 2001. 256 p. (rus)
5. Kudinov V.A., Kartashov E.M. Engineering thermodynamics: textbook. textbook for Universities [*Tekhnicheskaya termodinamika: ucheb. posobie dlya VUZov*]. M.: Vysshaya shkola, Izd. Centr «Akademiya», 2003. 261 p. (rus)
6. Lavrishchev I.B., Kirikov A.Yu. Development of functional schemes of automation in the design of automated control systems of food production processes [*Razrabotka funktsional'nykh skhem avtomatizatsii pri proektirovanii avtomatizirovannykh sistem upravleniya processami pishchevykh proizvodstv*]. S.-Pb: SPbGUNiPT, 2012. 52 p. (rus)
7. Medvedeva R.V., Mel'nikov V. P. Means of measurement [*Sredstva izmerenij*]. M.: KnoRus, 2011. 240 p. (rus)
8. Nikolaev N.V., Ivanov V.A., Novoselov V.V. Steel vertical low pressure tanks for oil and petroleum products [*Stal'nye vertikal'nye rezervuary nizkogo davleniya dlya nefi i nefteproduktov*]. Tyumen', 2001. 767 p. (rus)
9. Rannev G.G. Intelligent measuring instruments [*Intellektual'nye sredstva izmerenij*]. M.: Akademiya, 2011. 272 p. (rus)
10. Rannev G.G., Tarasenko A.P. Methods and measuring instruments [*Metody i sredstva izmerenij*]. M.: Akademiya, 2008. 336 p. (rus)
11. Filippov V.V. Technological pipelines and valves: studies. benefit. [*Tekhnologicheskie truboprovody i truboprovodnaya armatura: ucheb. posobie*]. Samara: SamGTU, 2012. 66 p. (rus)
12. Shishmarev V.Yu. Means of measurement [*Sredstva izmerenij*]. M.: Akademiya, 2012. 320 p. (rus)
13. GOST 21.208-2013. System of project documentation for construction (SPDS). Technological process automation. Symbols of conventional devices and automation in the schemes. Enter. 2014-

11-01. [Sistema proektnoj dokumentacii dlya stroitel'stva (SPDS). Avtomatizaciya tekhnologicheskikh processov. Oboznacheniya uslovnye priborov i sredstv avtomatizacii v skhemah. Vved. 2014-11-01]. M.: Standartinform, 2015. 31 p. (rus)

14. GOST R 52087-2003. Hydrocarbon gases liquefied fuel. Technical conditions. Enter.2004-07-01. [Gazy uglevodorodnye szhizhennye toplivnye.

Tekhnicheskie usloviya. Vved.2004-07-01]. M.: Gosstandart Rossii, 2003. 11 p. (rus)

15. PB 09-566-03. Safety regulations for warehouses of liquefied hydrocarbon gases and flammable liquids under pressure. [Pravila bezopasnosti dlya skladov szhizhennyh uglevodorodnyh gazov i legkovosplamenyayushchihsya zhidkostej pod davleniem]. M.: Dean, 2004. 80 p. (rus)

Information about the authors

Sazanovich, Vyacheslav V. Lead engineer E-mail: vsslav@mail.ru. Gas Processing Department of Surgutneftegaz, PJSC 628415, Surgut, st. Enthusiasts, d. 59.

Muravyov, Konstantin A. PhD, Assistant professor. E-mail: mkasing@mail.ru. Surgut Oil and Gas Institute, a branch of the Tyumen Industrial University. Russia, 628415, Surgut, st. Enthusiasts, d. 38.

Received in February 2019

Для цитирования:

Сазанович В.В., Муравьев К.А. Совместное применение радарного метода и метода основанного на перепаде давления для измерения уровня в резервуарах хранения сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 6. С. 136–143. DOI: 10.34031/article_5d01f05d0d73c7.45284021

For citation:

Sazanovich V.V., Muravyov K.A. The combined use of the radar method and the method based on the differential pressure for level measurement in storage tanks of liquefied hydrocarbon gases and highly flammable liquids under pressure. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 6. Pp. 136–143. DOI: 10.34031/article_5d01f05d0d73c7.45284021