



Научно-технический вестник

БРЯНСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Б Р Я Н С К

2016(3)

**Научно-технический
ВЕСТНИК
Брянского
государственного
университета**

**№ 3
2016**

**Химические науки
Технические науки
Науки о Земле**

**Nauchno-tekhnicheskiy
VESTNIK
Bryanskogo
gosudarstvennogo
universiteta**

**Scientific and Technical Journal of
Bryansk State University**

**№ 3
2016**

**Chemical Science
Engineering Science
Earth Science**

ББК 74.580.4

Н-34

Научно-технический вестник Брянского государственного университета. № 3 (2016). Брянск: РИО БГУ, 2016. – Точка доступа: <http://ntv-brgu.ru>

Размещено на официальном сайте журнала: 25.09.2016

Председатель Редакционного совета:

А.В. Антюхов – доктор филологических наук, профессор, ректор Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского.

Редакционная коллегия:

Я.Г. Авдеев - доктор химических наук, ведущий научный сотрудник Института физической химии и электрохимии РАН (г. Москва);

Д.В. Артамонов – доктор технических наук, директор Политехнического института Пензенского государственного университета;

Л.М. Ахромеев – кандидат географических наук, заведующий кафедрой Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (**заместитель главного редактора**);

И.В. Барынкина – кандидат педагогических наук, заведующая кафедрой Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского;

С.П. Белов – кандидат химических наук, доцент Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского;

А.В. Вершинский – доктор технических наук, заведующий кафедрой Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана;

А.М. Воронин – кандидат педагогических наук, декан факультета технологии и дизайна Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского;

В.В. Ерохин – доктор технических наук, профессор Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского;

А.П. Катровский - доктор географических наук, научный руководитель Смоленского гуманитарного университета;

А.А. Короткий – доктор технических наук, заведующий кафедрой Донского государственного технического университета (г. Ростов-на-Дону);

С.А. Куропан - доктор географических наук, заведующий кафедрой Воронежского государственного университета;

А.В. Лагереv – доктор технических наук, заместитель директора НИИ фундаментальных и прикладных исследований Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (**главный редактор**);

И.А. Лагереv – кандидат технических наук, проректор по инновационной работе Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского;

И.В. Мельников – кандидат биологических наук, начальник Редакционно-издательского отдела Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (**ответственный секретарь**);

В.М. Пашкевич – доктор технических наук, проректор по научной работе Белорусско-Российского университета (г. Могилев, Беларусь);

И.А. Полянин – доктор технических наук, заведующий кафедрой Поволжского государственного технологического университета (г. Йошкар-Ола);

С.В. Шлееv – доктор химических наук, профессор Университета Мальмё (Швеция);

Н.Г. Ярушкина – доктор технических наук, первый проректор-проректор по научной работе Ульяновского государственного технического университета;

О.С. Щетинская – кандидат химических наук, доцент Брянского государственного университета им. акад. И.Г. Петровского (**заместитель главного редактора**).

Editorial Council Chairman:

A.V. Antyukhov – Doctor of Philological Sciences, Professor, Rector at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University.

Editorial Board:

Ya.G. Avdeev – Doctor of Chemical Sciences, Leading Researcher of the Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS (Moscow);

I.V. Barynkina - Candidate of Pedagogical Sciences, Head of chair at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University;

D.V. Artamonov – Doctor of Technical Sciences, Director of Polytechnic Institute at Penza State University;

L.M. Akhromeev – Candidate of Geographical Sciences, Head of chair at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (**vice chief editor**);

S.P. Belov – Candidate of Chemical Sciences, Associate professor at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University;

A.V. Vershinsky - Doctor of Technical Sciences, Head of chair Moscow State Technical University named N.E. Bauman;

A.M. Voronin – Candidate of Pedagogical Sciences, Dean of Technology and Design Faculty at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University;

V.V. Erokhin - Doctor of Technical Sciences, Professor at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University ;

A.P. Katrovskiy – Doctor of Geographical Sciences, Scientific director at Smolensk Humanitarian University;

A.A. Korotky - Doctor of Technical Sciences, Head of chair at Donskoy State Technical University;

S.A. Kurolap - Doctor of Geographical Sciences, Head of chair at Voronezh State University;

A.V. Lagerev - Doctor of Technical Sciences, Vice director of Institute of basic and applied research at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (**chief editor**);

I.A. Lagerev – Candidate of Technical Sciences, Vice rector at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University;

I.V. Melnikov – Candidate of Biological Sciences, Chief of Editorial-publishing Department at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (**executive secretary**);

V.M. Pashkevich - Doctor of Technical Sciences, Vice rector at Belarusian-Russian University (Belarus Republic, Mogilev);

I.A. Polyandin - Doctor of Technical Sciences, Head of chair at Povolzhskiy State Technical University (Yoshkar-Ola);

S.V. Shleev – Doctor of Chemical Sciences, Professor at Malmö University (Sweden, Malmö);

N.G. Yarushkina - Doctor of Technical Sciences, first Vice rector at Ulyanovsk State Technical University;

O.S. Shchetinskaya - Candidate of Chemical Sciences, Associate professor at Academician I.G. Petrovskii Bryansk State University (**vice chief editor**).

Электронный журнал «Научно-технический вестник Брянского государственного университета» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации: Эл № ФС77-62798 от 18 августа 2015 г.

16+

Ответственность за точность фактологического материала, используемого в статьях, несут авторы.

© РИО БГУ, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Машиностроение и машиноведение

Ерохин В.В. (Брянск)

Минимальная жесткость станочного приспособления при обеспечении требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности заготовки 9

Лагерева И.А. (Брянск)

Сравнительный анализ гидравлических кранов-манипуляторов транспортно-технологических машин и гидравлических манипуляторов промышленных роботов 16

Транспортное, горное и строительное машиностроение

Лагерева А.В., Толкачев Е.Н. (Брянск)

Анализ влияния конструктивных параметров подвесок на технические характеристики конвейера с подвесной лентой и распределенным приводом 50

Лагерева И.А., Мильто А.А., Лагерева А.В. (Брянск)

Влияние сил вязкого сопротивления на эффективность демпфирования при повышенных зазорах в шарнирных соединениях крано-манипуляторных установок 60

Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

Юрин А.И., Нефедов А.П. (Москва)

Исследование метрологической надежности манометров 75

Информатика, вычислительная техника и управление

Лозбинев Ф.Ю., Собенков К.Р., Пономарева А.В. (Брянск)

Оценка живучести корпоративной сети связи при грозовых воздействиях 80

Филичева Т.А. (Брянск)

Применение экспертных опросов при оценке удовлетворенности качеством образовательных услуг 88

Энергетика

Лагерева Э.А. (Брянск)

Моделирование изменения дисперсного состава твердых включений в многоступенчатых системах пылезолоулавливания 99

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Москаленко О.П., Ковалева Е.Л. (Брянск)

Социально-экологические исследования качества жизни детского населения Брянской области 107

Псянчин А.В., Хасанова Г.Ф. (Уфа)

Ландшафтно-экологическое районирование природных комплексов среднегорий Южного Урала 116

**НОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
БРЯНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Лагерев А.В., Толкачев Е.Н.

Патент РФ № 164247 на полезную модель «Приводная подвеска ленточного конвейера с подвесной лентой» 121

Лагерев А.В., Толкачев Е.Н., Лагерев И.А.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016618964 «Программный комплекс «Моделирование динамики конвейеров с подвесной лентой и распределенным приводом» 124

CONTENT

ENGINEERING SCIENCE

Machinery Building and Theoretical Engineering

Erokhin V.V.

The minimum stiffness of machine tools for ensuring the desired roughness of the machined surface of the workpiece 9

Lagerev I.A. (Bryansk)

Comparative analysis of hydraulic crane-manipulating installations transport and technological machines and industrial robots hydraulic manipulators 16

Transport, Mining and Construction Machinery

Lagerev A.V., Tolkachev E.N. (Bryansk)

Influence analysis of design parameters of suspensions on the technical specifications of conveyor with suspended belt and distributed drive 50

Lagerev I.A., Milto A.A., Lagerev A.V. (Bryansk)

The influence of forces of viscous resistance on the efficiency of damping in hinges with large gaps in the crane-manipulator installations 60

Instrument engineering, metrology and information-measuring devices and systems

Yurin A.I., Nefedov A.P. (Moscow)

Investigation of the metrological reliability of manometers 75

Informatics, Computer Science and Controlling

Lozbinev F.Yu., Sobenkov K.R., Ponomareva A.V. (Bryansk)

Estimation of vitality of corporative telecommunications under thunderstorm influence .. 80

Filicheva T.A. (Bryansk)

The use of expert surveys in assessing satisfaction with the quality of educational services 88

Power Engineering

Lagereva E.A. (Bryansk)

Modeling of changes in particle size distribution of solids in multistage separation systems 99

EARTH SCIENCE

Moskalenko O.P., Kovaleva E.L. (Bryansk)

Socio-ecological research on children's quality of life in Bryansk region 107

Psyanchin A.V., Khasanova G.F. (Ufa)

Landscape-ecological zoning landscapes of medium-high mountains of the Southern Ural 116

**NEW OBJECTS OF INTELLECTUAL PROPERTY
ACADEMICIAN I.G. PETROVSKII BRYANSK STATE UNIVERSITY**

Lagerev A.V., Tolkachev E.N.

Patent RU No. 164247. Suspension drive of belt conveyor with hanging ribbon 121

Lagerev A.V., Tolkachev E.N., Lagerev I.A.

The certificate of state registration of computer program No. 2016618964 "Software package "Dynamics simulation of conveyors with suspended belt and distributed drive" 124

531.787.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МАНОМЕТРОВ

Юрин А.И., Нефедов А.П.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Рассмотрены достоинства и недостатки манометров с упругим чувствительным элементом. Проведен факторный эксперимент для выявления зависимости метрологической надежности манометров различных производителей от уровня и продолжительности перегрузок по измеряемому давлению. Рассмотрены методы защиты манометров от перегрузок.

Ключевые слова: манометр, метрологическая надежность, погрешность

Поскольку среди всех измерений, проводимых в России, около 30% относятся к измерению давления [1], проведение исследований, направленных на повышение метрологической надежности манометров является актуальной задачей.

В большинстве манометров, применяемых в различных отраслях промышленности, в качестве первичного измерительного преобразователя применяют упругие чувствительные элементы в виде трубчатой пружины, мембраны, сильфона и т.д. Таким образом, давление преобразуется в деформацию упругого элемента δ , которая затем преобразуется в электрический сигнал с помощью вторичного преобразователя либо служит для перемещения стрелки отсчетного устройства. Такие манометры отличаются простотой конструкции, низкой стоимостью, достаточно высокой точностью и поэтому широко используются в качестве рабочих средств измерений. При этом метрологические характеристики и надежность подобных манометров в значительной степени зависят от параметров и качества изготовления упругого чувствительного элемента.

В настоящее время для измерения малых и средних давлений наибольшее распространение получили манометры с измерительным механизмом на основе одновитковой трубчатой пружины (трубки Бурдона), имеющей плоскоовальную или эллиптическую форму поперечного сечения, и передаточного механизма в виде зубчатого сектора (рис. 1). Основными недостатками подобных манометров являются наличие остаточных деформаций трубчатой пружины, приводящих к появлению вариации показаний, а также возможность изменения её упругих свойств при превышении уровня измеряемого давления над верхним пределом измерений (ВПИ) [2].

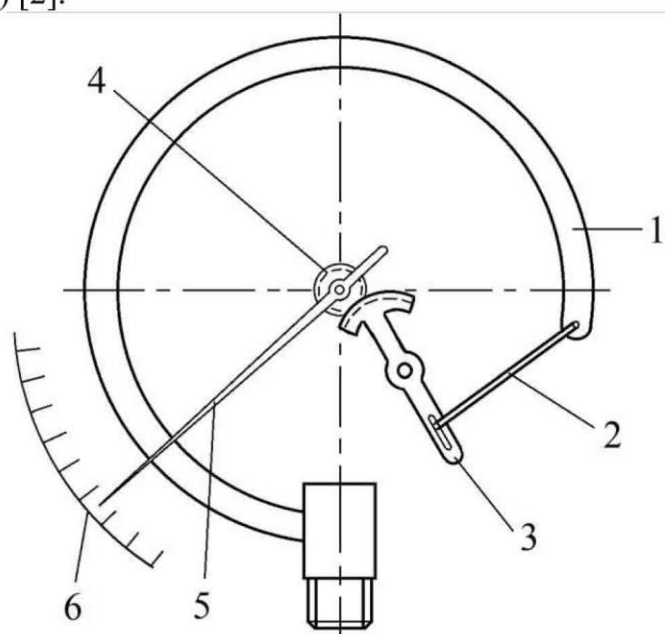


Рис. 1. Схема манометра с трубчатой пружиной и передаточным механизмом в виде зубчатого сектора: 1 - трубчатая пружина (трубка Бурдона); 2 – тяга (поводок); 3 - зубчатый сектор; 4 – зубчатое колесо (трибка); 5 – стрелка; 6 - шкала

Однако если погрешность от вариации нормирована и не должна превышать предельно допустимое значение для соответствующего класса точности, то изменение упругих свойств чувствительного элемента может привести к увеличению погрешности измерений и метрологическому отказу манометра, который будет выявлен только при очередной поверке прибора. Невысокая метрологическая надежность может быть обусловлена влиянием условий эксплуатации на свойства измерительного механизма, поскольку даже при относительно небольшом превышении рабочего давления над ВПИ может произойти необратимая пластическая деформация чувствительного элемента или выход из строя передаточного механизма.

Для исследования влияния уровня превышения давления на метрологическую надежность манометров был проведен полный факторный эксперимент (ПФЭ) [3], в качестве объекта которого выступили новые исправные манометры нижнего ценового сегмента наиболее распространенных в России производителей – «WKA» (Германия), «Росма» (Россия) и «Метер» (Россия). Их основные характеристики представлены в табл. 1. В качестве референтной группы рассмотрены манометры среднего ценового сегмента МПЗ-У (Россия). Погрешность всех манометров была предварительно исследована по 5 контрольным точкам и не превышала 0,1 bar (1 bar = 10⁵ Па).

Таблица 1

Характеристики исследованных манометров

Изготовитель	Модель	Класс точности	Диапазон, bar	Примерная цена, руб.*
WKA	111.10	2,5	16	450
Росма	ТМ-110	2,5	16	300
Метер	ДМ 02	2,5	16	250
МПЗ	МПЗ-У	1,5	16	360

Примечание: * - по состоянию на 01.01.2016 г.

Согласно ГОСТ 2405-88 манометры с ВПИ до 10 МПа должны выдерживать перегрузку избыточным давлением в 25% над ВПИ в течение 15 минут и после выдержки без давления не менее 1 часа соответствовать указанному классу точности. Однако более длительное воздействие избыточного давления может привести к метрологическому отказу манометра.

В качестве воздействующих факторов в ПФЭ использовались уровни давления (18, 19 и 20 bar) и время воздействия (15, 30, 45, 60 минут). Каждый манометр подвергался определенному сочетанию уровня давления и длительности воздействия, и, таким образом, для реализации всех возможных комбинаций по условиям ПФЭ было исследовано по 12 манометров каждой марки. После воздействия повышенного давления манометры выдерживали в течение 1 часа без подачи давления для релаксации упругого элемента, после чего производили повторное исследование погрешности. На рис. 2 приведены зависимости максимальной погрешности манометров от превышения давления над ВПИ при разной длительности воздействия (предельная допустимая погрешность исследуемых манометров равна 0,4 bar). Шкала всех рассмотренных манометров проградуирована в bar и перегрузка в 25% соответствует уровню давления 20 bar.

Как видно на рис. 2, при превышении давления над ВПИ на 3...4 bar течение 45 минут и более произошел метрологический отказ манометров «Росма» и «Метер». Погрешность манометров «WKA» также заметно увеличилась, однако не превысила предельно допустимое значение для соответствующего класса точности.

При проведении аналогичного эксперимента с манометрами референтной группы случаев метрологического отказа выявлено не было (рис. 3). Стоит отметить, что предельная допустимая погрешность в этом случае равна 0,24 bar из-за более высокого класса точности манометров МПЗ-У.

Поскольку все исследованные манометры имеют аналогичную конструкцию, но различаются материалами чувствительного элемента и передаточного механизма (табл. 2), ре-

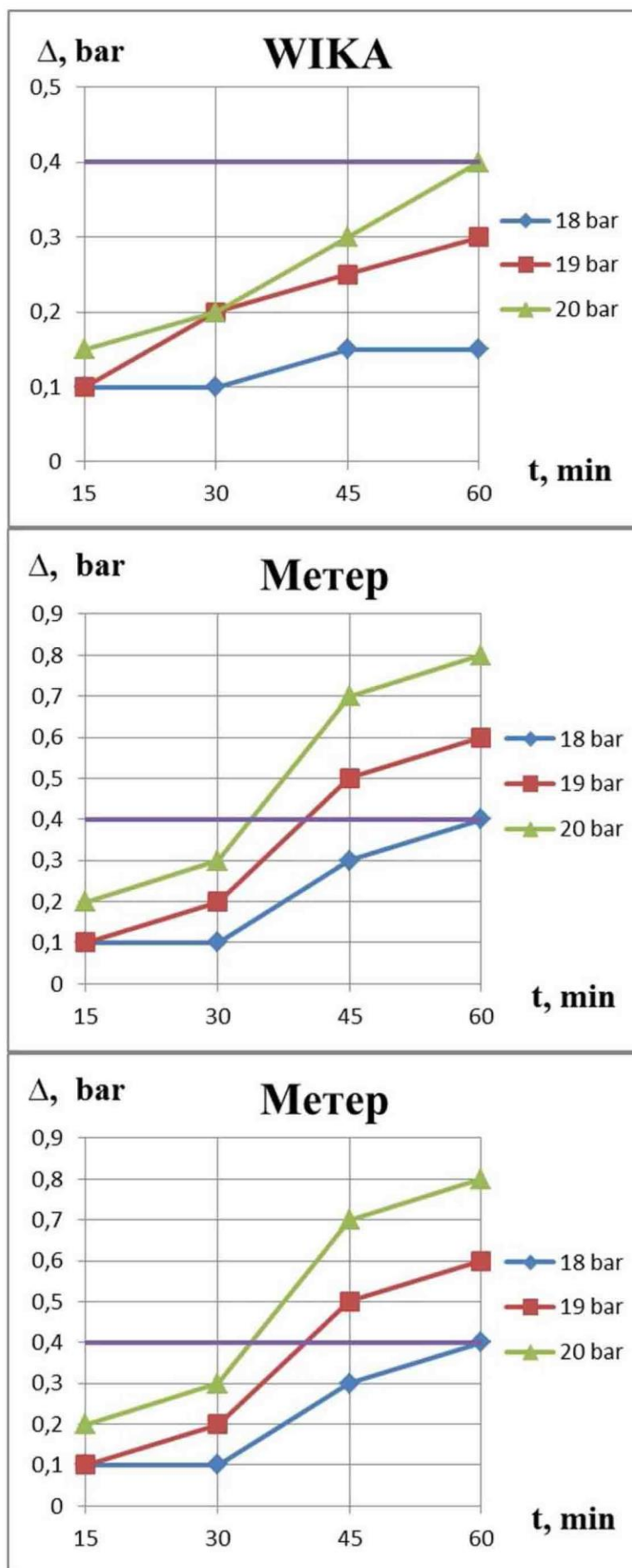


Рис. 2. Зависимость максимальной погрешности манометров от превышения уровня давления над ВПИ при разной длительности воздействия

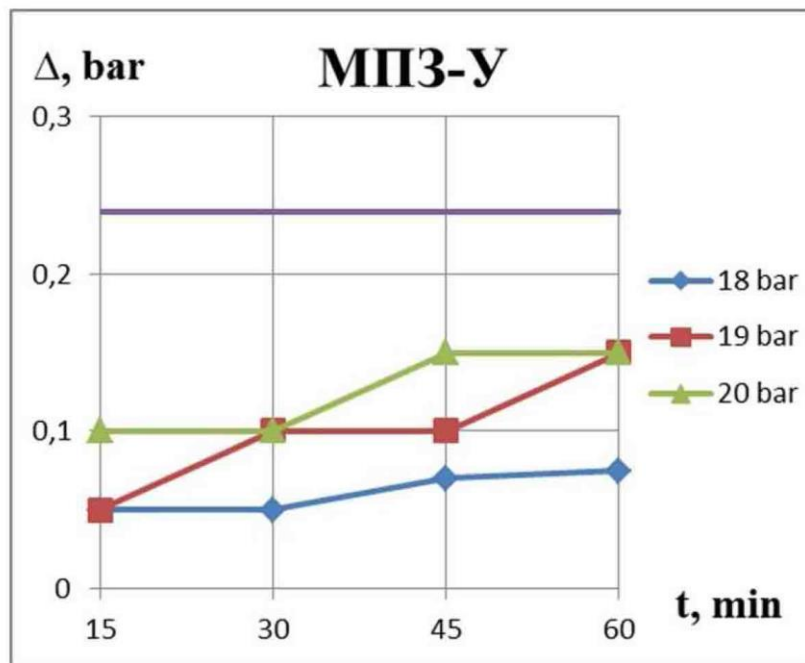


Рис. 3. Зависимость погрешности от превышения давления разной длительности для манометров референтной группы

Таблица 2

Материалы измерительного механизма манометров

Модель	WIKА 111.10	Росма ТМ-110	Метер ДМ 02	МПЗ-У
Материал чувствительного элемента	Латунь никелевая, ЛН65-5	Медно-никелевый сплав, МНЦ15-20	Медно-никелевый сплав, МНЦ15-20	Бронза, БРОФ4-0,25
Материал передаточного механизма	Латунь никелевая, ЛН65-5	Медно-никелевый сплав, МНЦ15-20	Медно-никелевый сплав, МНЦ15-20	Латунь никелевая, ЛН65-5; Бронза, БРОФ4-0,25; Сталь, 10

результаты эксперимента могут свидетельствовать о невысоком качестве материалов измерительного механизма манометров нижней ценовой категории.

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

1) современные рабочие манометры нижнего ценового сегмента имеют невысокую метрологическую надежность;

2) превышение уровня рабочего давления над ВПИ на 3 bar в течение 45 минут и более может привести к метрологическому отказу манометров рассмотренных типов из-за невысоких механических свойств материалов измерительного механизма;

3) для повышения метрологической надежности манометров необходимо применять устройства защиты от перегрузок.

Для снижения частоты метрологических отказов манометров рассмотренных типов можно рекомендовать применение устройств защиты от перегрузок. Наиболее распространенными способами защиты от перегрузок и скачков давления является применение предохранительных клапанов, а также специальных демпферных устройств [2]. Если же нет необходимости непрерывного контроля величины давления, то возможно подключение манометра с помощью кнопочного крана. Такие краны подают давление на вход манометра только в момент нажатия на кнопку, что позволяет обеспечить защиту от скачков и пульсаций давления, контролировать нулевые показания и упрощают замену манометров.

Список литературы

1. Карцев, Е.А. Физические основы преобразования неэлектрических величин в электрические / Е.А. Карцев. - М.: МИЭМ, 2005. - 160 с.
2. Мулев, Ю.В. Манометры. Производственно-практическое издание / Ю.В. Мулев. – М.: МЭИ, 2003. - 280 с.
3. Юрин, А.И. Оптимизация метрологических характеристик индуктивных измерительных преобразователей / А.И. Юрин, Е.А. Карцев, А.Ю. Неборский // Приборы. - 2013. - №10. - С. 5-8.

Об авторах

Юрин Александр Игоревич - к.т.н., доцент, доцент департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», ayurin@hse.ru.

Нефедов Антон Павлович - студент Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», pirat319@gmail.com.

INVESTIGATION OF THE METROLOGICAL RELIABILITY OF MANOMETERS

Yurin A.I., Nefedov A.P.

National Research University "Higher School of Economics"

The advantages and disadvantages of manometers with a resilient sensing element. A complete factorial experiment to determine the dependence of the metrological reliability of manometers. To investigate the effect of the level and duration of measured pressure overload full factorial experiment was performed. As the objects of experiment were new faultless manometers of the lower price segment of the most popular producers in Russia - «WIKA» (Germany), "Rosma" (Russia) and "Meter" (Russia). Since all investigated manometers have a similar structure, but different materials and sensor gear, the experimental results may indicate a low quality of measuring system materials, used for the lower price category manometers. The methods of manometers protection against overloads.

Keywords: *manometer, metrological reliability, measurement errors.*

References

1. Kartsev E.A. *Fizicheskie osnovy preobrazovaniya neelektricheskikh velichin v elektricheskie*. Moscow, MIEM, 2005. 160 p.
2. Mulev Yu.V. *Manometry* [Manometers]. Moscow, MEI, 2003. 280 p.
3. Yurin A.I., Kartsev E.A., Neborsky A.Yu. *Optimizatsiya metrologicheskikh kharakteristik induktivnykh izmeritelnykh preobrazovateley* [Optimization of metrological characteristics of inductive measuring transducers]. *Pribory*, 2013, No 10, pp. 5-8.

Authors' information

Alexander I. Yurin - Candidate of Technical Sciences, docent, associate professor at National Research University "Higher School of Economics", ayurin@hse.ru.

Anton P. Nefedov – student at National Research University "Higher School of Economics", pirat319@gmail.com.