

Жылтыров А.Ж

Магистрант НАО КарТУ
имени Абылкаса Сагинова

Юрченко В.В.

Старший преподаватель НАО КарТУ
имени Абылкаса Сагинова

Вавилова Г.В.

Кандидат технических наук, доцент
отделения контроля и диагностики
Томского политехнического университета

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОВЕРКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РАСХОДОМЕРА ВОДЫ В УСЛОВИЯХ СЕРГИОПОЛЬСКОГО ВОДОЗАБОРА

Аннотация

Статья посвящена описанию стенда поверки для испытания опытного образца датчика расхода воды ДРВЭ, изготовленного в условиях предприятий г. Караганды. Приведены структурные схемы датчика и поверочного стенда.

Ключевые слова: Датчик, расходомер, проливная поверочная установка, насос, электромагнитный, погрешность

Zhylytyrov A.

Magistracy NAO KarTU

named after Abylkas Saginov

Yurchenko V.V.

Senior Lecturer, NAO KarTU

named after Abylkas Saginov

Vavilova G.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

departments of control and diagnostics

Tomsk Polytechnic University

IMPROVING THE VERIFICATION OF AN ELECTROMAGNETIC WATER FLOW METER IN THE CONDITIONS OF THE SERGIOPOL WATER INTAKE

Annotation

The article is devoted to the description of a verification stand for testing a prototype of the DRVE water flow sensor, manufactured in the conditions of enterprises in the city of Karaganda. Structural diagrams of the sensor and calibration stand are given.

Key words: *sensor, flow meter, flow testing unit, pump, electromagnetic, error.*

Для измерения расхода жидкостей, в настоящее время, используются приборы различного типа и назначения. Основным критерием выбора расходомера, наряду с производительностью и другими характеристиками технологического процесса, является характеристики самой жидкости, которая участвует в технологическом процессе и расход которой следует знать. Исходя из этого, необходимо рассмотреть объект, подлежащий контролю включая свойства жидкости.

Питьевая вода добывается артезианскими скважинами Сергиопольского водозабора, которая по водопроводу поступает в специальный подземный бассейн на территории диспетчерской Сергиополя

Насосная «Сергиополь находится в степи, а насосные «Промбаза и «ХПЗ-1» на территории Карметкомбината.

На сегодня в насосных контролируются:

- электрический ток (амперметры) потребляемый электродвигателем каждого насоса;
- напряжение (вольтметры) на вводе в каждый электродвигатель насоса;
- уровень воды в резервуаре;
- расход воды и давление по трубопроводам;
- температура подшипников двигателей насосов.

Информация поступает в диспетчерскую цеха водоснабжения (ЦВС) комбината по телефону сотрудниками цеха. Это от диспетчерской Сергиополя и «ХВО-3», а насосные «Промбаза» и «ХПЗ-1» - необслуживаемые, поэтому информация оттуда поступает при периодических проверках персонала.

Насосная станция включает в себя несколько насосов. Электродвигатель насоса запускается электромагнитным пускателем, кнопка управления которого находится в пункте управления насосной. Количество подаваемой воды определяется количеством включенных насосов. Расход по каждому насосу определяется давлением в его трубопроводе, а нормальная работа – датчиком тока. Суммарный расход воды насосной станции определяется расходомером, установленным на выходе станции на каждом трубопроводе. Аварийной ситуацией считается превышение тока от номинального значения, превышения температуры подшипника от заданной, снижение тока нагрузки при исчезновении давления в трубе.

В большинстве скважин используются морально устаревшие недорогие насосы, которые приходят в негодность по истечению срока гарантии. Тогда как в мировой практике уже давно используют аналоги, которые лучше и по

качеству, и по срокам эксплуатации и при той же производительности менее энергоемки. По данным руководства насосы будут заменены планомерно, и работоспособное оборудование будет работать до окончания срока эксплуатации. [1]

Кроме того, после замены самих насосов на Сергиопольском водозаборе необходимо внедрить телемеханику, или так называемое дистанционное беспроводное управление. Сейчас на скважинах нет никакого дистанционного управления или контроля. Находятся они в рабочем состоянии или нет, оператор определяет примитивно – по показаниям токовых нагрузок на четырех фидерах. С целью обеспечения оптимального расхода воды требуется использовать эффективные средства измерения расхода и других параметров таких как уровень воды в резервуаре и скважинах, давление в трубопроводах и температуру нагруженных узлов (подшипников насосов), а также методы автоматизации управления насосных станций и передачи информации на большое расстояние в центральную диспетчерскую. В настоящее время наибольшую проблему представляет собой измерение расхода с заданной точностью (неопределенностью) в рабочем диапазоне как производительности, так и внешних условий среды, в частности температуры.

Анализ методов и средств измерения расхода воды, с точки зрения соотношения цена-качество выявил, что для условий рассмотренных выше наиболее подходящим является электромагнитный метод.

Действие электромагнитных (индукционных) расходомеров основано на изменении пропорционально расходу электродвижущей силы, индуцированной в потоке электропроводной жидкости под действием магнитного поля. (Рисунок 1) Трубопровод 1, по которому протекает проводящая ток жидкость, расположен между полюсами магнита 2 перпендикулярно направлению силовых линий магнитного поля. Под действием магнитного поля ионы, находящиеся в жидкости, определенным образом перемещаются и отдают свои заряды измерительным электродам 4, создавая на них ЭДС, пропорциональную скорости течения жидкости. ЭДС, усиленная усилителем 5, воздействует на измерительный прибор 6.

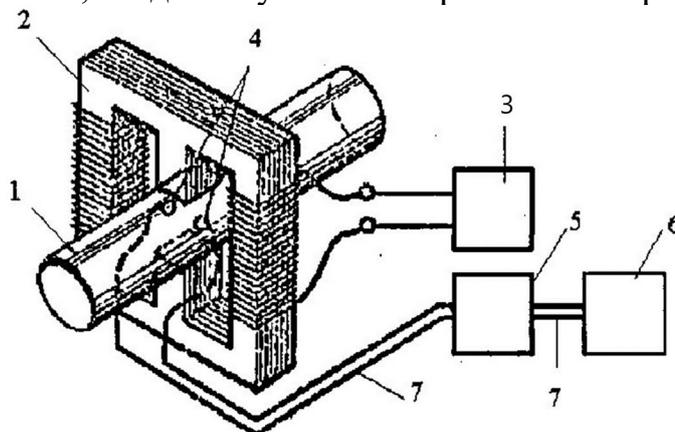
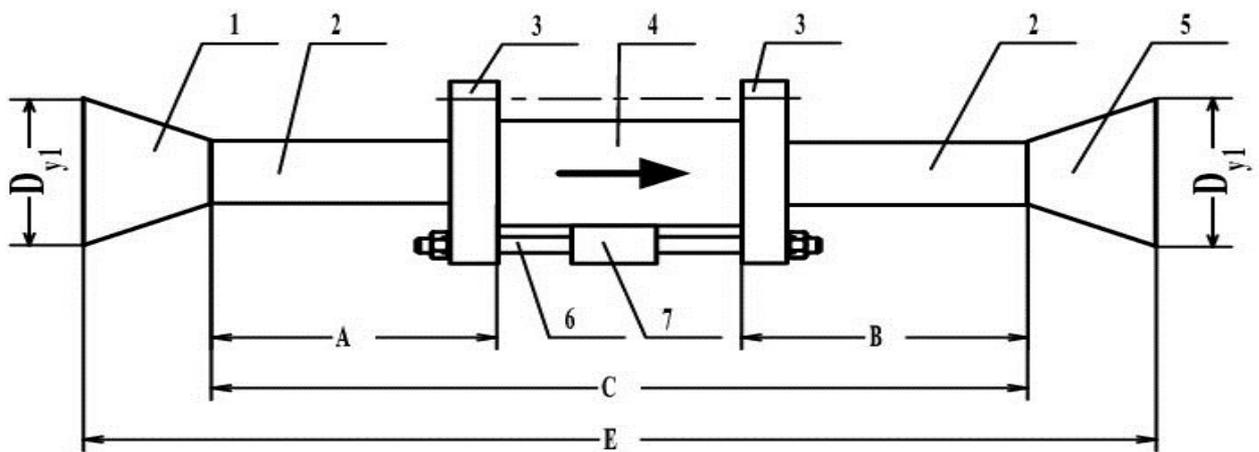


Рисунок 1 - Действие электромагнитных (индукционных) расходомеров



1 – конфузор; 2 – прямолинейный участок трубопровода; 3 – фланец крепления ППРЭ; 4 – ППРЭ или габаритный имитатор ППРЭ; 5 – диффузор; 6 – стяжная шпилька; 7 – втулка.

Рисунок 2 - Установка электромагнитных преобразователей расхода в трубопровод

Рассмотрим достоинства и недостатки метода. Достоинства – относительная простота реализации, большой диапазон измерений, относительно высокий межповерочный интервал, отсутствие гидравлических сопротивлений в потоке, можно измерять сточные воды, относительно невысокие требования к длине прямых участков. Недостатки – большие габариты, относительно низкая точность, например по сравнению с измерителем основанном на эффекте Кариолиса, при этом стоимость оборудования, а также затраты на монтаж и демонтаж растут с увеличением условного прохода трубопровода D_u .

Так как в измерителях нет движущихся частей следовательно, они не подвержены той же опасности неточностей в долгосрочной перспективе из-за износа устройства. Помимо неточности в долгосрочной перспективе расходомеры постоянного тока могут привести к потере давления - еще один фактор, о котором не нужно беспокоиться, если применяется электромагнитный расходомер.

Каждый раз, когда у устройства есть движущаяся часть; он подвержен износу и поэтому менее надежен, чем счетчик без движущихся частей. Методы, которые действуют дольше, в долгосрочной перспективе безопаснее и дешевле. Вот почему они становятся все более популярным продуктом, когда пользователи ищут решение, которое включает в себя измерение проводящих жидкостей. Расходомерные трубки, поставляемые с электромагнитным расходомером, были протестированы на высокую долговечность и, как следствие, маловероятно, что они будут повреждены.

В заключение, электромагнитный расходомер предлагает более надежное и стабильное решение для долгосрочного измерения проводящих жидкостей, так как у них нет движущихся частей, которые потребуют обслуживания или замены в краткосрочной перспективе. Это основные причины, по которым

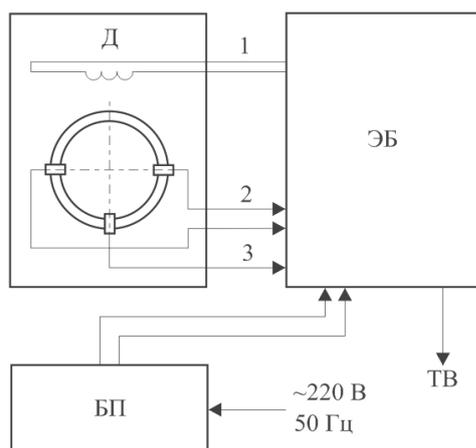
эти расходомеры все чаще заменяют более старые, более устаревшие измерительные приборы, которые давно служат своей цели.

Применение современных контроллеров позволяет решить вопрос о обеспечении телеуправления процессом прокачки воды. [2]

С целью обеспечения требуемых метрологических характеристик были проведены метрологические испытания усовершенствованного датчика.

Опишем объект исследования. Датчик ДРВЭ предназначен для работы с аппаратурой радиуправления для использования с целью обеспечения непрерывного контроля за расходом воды, добытой в скважине. Структурная схема датчика приведена на рисунке 3. Конструкция для установки датчика ДРВЭ в трубопровод на рисунке 4. Внешний вид датчика изображен на рисунке 5.

При установке датчика на трубопровод, если диаметр трубопровода больше, чем диаметр датчика (50 мм), то используются конфузур и диффузор. При соответствии диаметров трубопровода и датчика конфузур и диффузор не используются. Длина прямолинейного участка трубы на входе и на выходе датчика должна быть не меньше, чем $5 \times$ диаметр датчика.



1 – питание обмоток электромагнита; 2 – ЭДС индукции; 3 – сигнал сравнения; Д – датчик; ЭБ – электронный блок; БП – блок питания; ТВ – токовый выход

Рисунок 3 – Структурна схема датчика ДРВЭ

Область применения и состав датчика.

Датчик ДРВЭ предназначается для измерения объемного расхода воды в трубопроводе скважины и формирования информационного сигнала для передачи по каналам радиомеханики.

Датчик ДРВЭ имеет возможность применяться, для измерения объемного расхода воды других электропроводящих жидкостей.

Датчик ДРВЭ включает в себя следующие основные блоки:

- первичный преобразователь расхода ППР-1 шт;
- блок питания БП-1 шт.

ППР состоит из двух частей:

- датчик;
- электронный блок.

ДРВЭ работает совместно с блоком контроля БК аппаратуры радиуправления АРУВ, а также с любым другим приемо-передающим серийно-выпускаемым устройством.

Основные параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные параметры датчика ДРВЭ

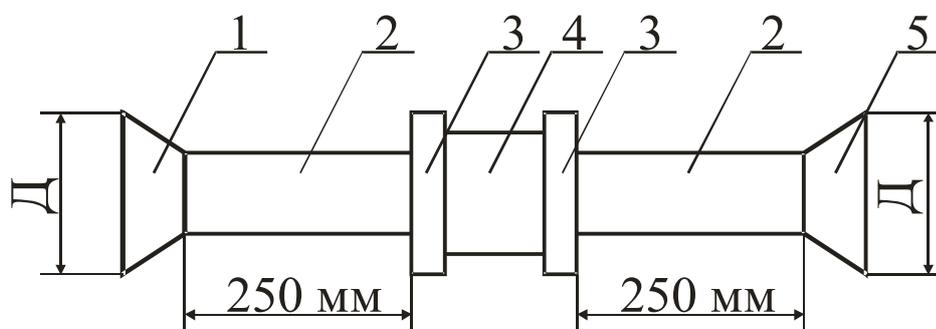
Наименование параметра	Норма
1. Исполнение	общепромышленное
2. Степень защиты от внешней среды	IP 54
3. Диаметр условного прохода, мм	50
4. Наибольший измеряемый средний объемный расход, м ³ /ч	80
5. Относительная погрешность измерения при расходе от 3 до 80 м ³ /ч не более, %	1
6. Наибольшее давление в трубопроводе, МПа	1,0
7. Наименьшая удельная проводимость жидкости, См/м	5×10^{-4}
8. Наибольшая температура жидкости, °С	90
9. Дополнительная погрешность измерения, вызванная изменением температуры окружающей среды на 10°С, %	0,1
10. Унифицированный выходной сигнал, мА	от 0 до 5
11. Сигнал о реверсировании движения воды	Релейного типа
12. Напряжение питания БП, В	Однофазная сеть переменного тока 220 В
13. Допустимые колебания напряжения, %	от -15 до +10
14. Потребляемая мощность, Вт, не более	20
15. Межповерочный интервал, лет	2

Особенности датчика ДРВЭ:

1) датчик ДРВЭ осуществляет непрерывный контроль объемного расхода воды в трубопроводе с пропорциональным изменением выходного сигнала.

2) Контролирует направление воды в трубопроводе.

Конструкция датчика приведена на рисунке 4



1 – конфузор; 2 – прямолинейный участок трубопровода; 3 – фланец; 4 – датчик; 5 – диффузор, Д – диаметр трубопровода

Рисунок 4 - Конструкция для установки датчика расхода воды электромагнитного ДРВЭ в трубопровод

Датчик выполнен, в виде полого цилиндра из немагнитного материала с обмотками электромагнита и электродами для съема измерительного сигнала, удовлетворяет требованиям:

- встраивается в трубопровод с использованием фланцевого соединения;

- материал корпуса диамагнитный, выдерживающий давления 1,0 МПа.

Внешний вид датчика ДРВЭ показан на рисунке 5.

Электронный блок представляет собой корпус, внутри которого располагается печатная плата с размещенными на ней элементами принципиальной схемы, и выходной клеммник для внешнего соединения.

Электронный блок соединяется с датчиком при помощи трубы, внутри которой проходят провода от электромагнитов и электродов.

На лицевой панели электронного блока располагается индикация о наличии напряжения питания, о движении воды в трубопроводе, реверсивное движение воды в трубопроводе.

Блок питания представляет собой отдельный корпус, где располагаются элементы принципиальной схемы.



Рисунок 5 - Внешний вид датчика расхода воды электромагнитного ДРВЭ

На расходомерных стендах возможно производить различные исследования по проверке теплосчётчиков и расходомеров различных конструкций, что является их важным достоинством. Но исследование приборов, в большинстве случаев, надо производить при нормальных условиях: измеряемая среда - осимметричный стационарный поток, отсутствие сторонних помех, трубопровод, протяженный.

Но при всех достоинствах проливных стендах по сравнению с имитационными установками, они значительно дороже в процессе эксплуатации и изготовления. Для их размещения требуются отдельные площади. Также необходима постоянная модернизация и мультиперевод на

другие измеряемые среды, что, естественно, влияет на стоимость оборудования. Некоторые узлы приборов имитационных установок основаны на аналоговом моделировании и расчетах с использованием ранее исследованных и полученных опытным путём коэффициентов, в результате статистических испытаний. На имитационных установках необходимо работать только с хорошо изученными приборами, которые имеют устоявшуюся технологию испытаний. [4]

Выберем оборудование для определения основной погрешности. Для определения основной погрешности датчика расхода по ГОСТ 8.326-89, ГОСТ 8.320-78 и ГОСТ 28723-90 требуется использовать расходомерную поверочную установку. Погрешность установки должна быть не менее, чем в 5 раз меньше погрешности поверяемого расходомера.

В данном случае целесообразно использовать для поверки проливную поверочную установку ППУ собственного изготовления, описанную ниже, структурная схема которой представлена на рисунке 6.

Проливная поверочная установка ППУ состоит из:

- вентиль регулирования расхода и подачи воды (на схеме поз. 1, 2);
- вольтметр В7-43 диапазона от 10 мкВ до 1000 В, относительная погрешность $\pm 0,022$ % (поз. В);

М - манометр типа МО с пределом измерения от 0 до 2,0 МПа, класса точности 0,4 по ГОСТ 6521-72;

- мерная емкость объемом 400 литров, мерная емкость предусмотрена таким образом, чтобы пузыри воздуха, образующиеся при сливе воды не попадали в полость насоса (поз. МЕ);

- магазин сопротивлений Р 4831 относительная погрешность $\pm 0,022$ % (поз. МС);

- консольный насос К 100-80-160, подача 100 м³/час, напор 32м, электродвигатель 15 кВт×ч (поз. Н);

- образцовый расходомер счетчик электромагнитный «Взлет ЭР-510» погрешность ± 1 %, диаметр условного прохода - 50 мм (поз. ОД);

- поверяемый датчик расхода воды электромагнитный ДРВЭ погрешность ± 5 %, диаметр условного прохода - 50 мм (поз. ПД);

- фланец (поз. Ф);

- штуцер для крепления опрессовочного насоса (поз. Ш).

Трубопровод, в месте крепления датчиков конструируется именно таким образом, так как электромагнитные датчики расхода имеют такой принцип работы, что если уровень воды в трубопроводе ниже максимального, но выше расположения электродов датчика, то сигнал расхода будет такой же, как и при полном заполнении полости трубы и расходомера.

Технические характеристики основного оборудования проливной установки

Образцовый расходомер счетчик электромагнитный «Взлет ЭР-510» предназначен для измерения объемного расхода и объема

электропроводящих жидкостей в широком диапазоне температуры и проводимости.

Технические характеристики расходомера счетчика приведены в таблице 2.

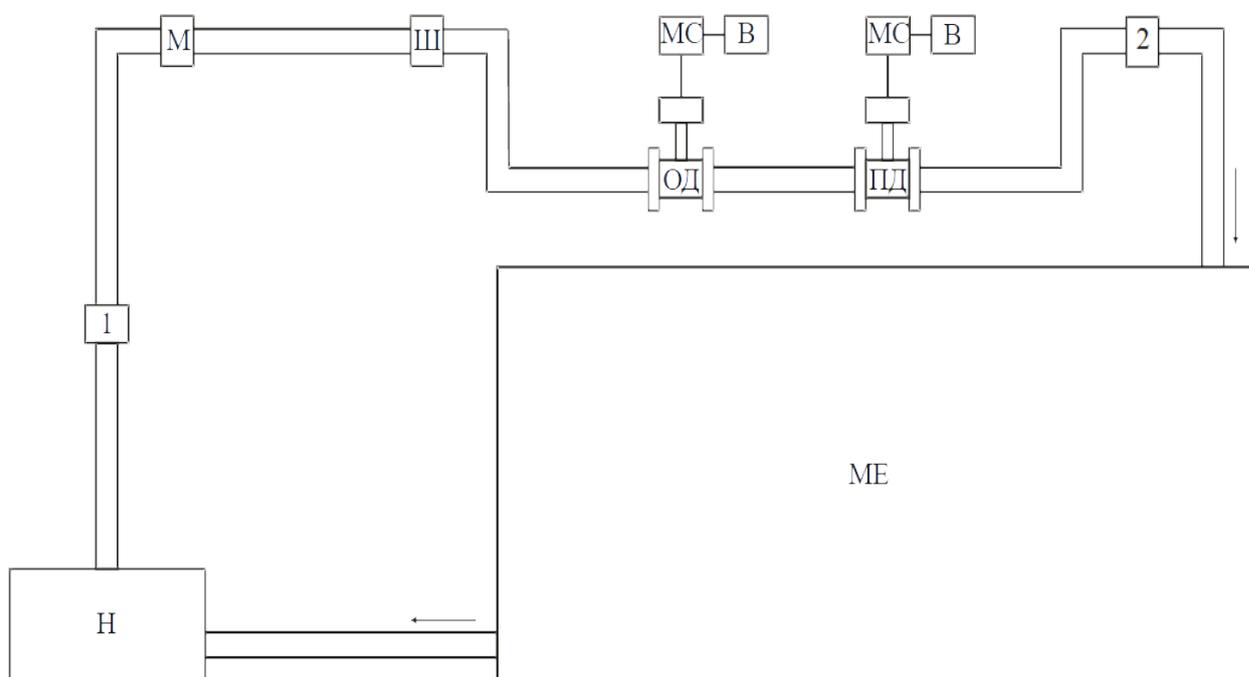


Рисунок 6 – Структурная схема проливной поверочной установки ППУ

Таблица 2 - Технические характеристики расходомера счетчика электромагнитного «Взлет ЭР-510»

Наименование параметра	Значение параметра
1. Диаметр условного прохода (типоразмер электромагнитного ППР), D_y , мм	50
2. Наибольший измеряемый средний объемный расход жидкости, $Q_{v \text{ наиб}}$, $M^3/ч$	84,9
3. Наибольшее давление в трубопроводе, МПа	2,5
4. Наименьшая удельная проводимость, См/м	5×10^{-6}
5. Температура жидкости, $^{\circ}C$	от - 10 до +150
6. Питание расходомера	Однофазная сеть переменного тока (31-40) В (49-51) Гц
7. Потребляемая мощность, ВА, не более	5
8. Средняя наработка на отказ, ч	75000
9. Средний срок службы, лет	15

Расходомер состоит из электромагнитного ППР и микропроцессорного измерительного блока ИБ. Измерительный блок включает в себя источник питания, а также плату вычислителя.

Плата предназначена для:

- для определения среднего расхода и обработки измерительного сигнала;
- преобразования аналоговых значений графика среднего расхода в последовательность выходных импульсов;
- накопления объема информации и времени наработки;
- управления показателями измерений при помощи индикатора;
- параметров накопления в памяти, хранения установочных данных при отсутствии питания – не менее одного года, и периода обновления параметров накопления в памяти – 1 минута.

Питание обмоток электромагнита ППР и питание платы вычислителя осуществляется источником питания переменного напряжения 36 В 50 Гц.

Структурная схема расходомера представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 - Структурная схема расходомера счетчика электромагнитного «Взлет ЭР-510»

Консольный насос представляет собой одноступенчатый центробежный насос для перекачивания жидкостей, неспособных нанести большой вред материалу деталей. Насос и электродвигатель соединяются между собой муфтами.

Поверочная расходомерная установка функционирует следующим образом:

Из мерной емкости МЕ при помощи насоса Н вода поступает в трубопровод установки. Диаметр трубопровода на всем протяжении – 50 мм. Расход воды контролируется при помощи вентиля 1. Показания снимаются с образцового датчика ОД и с поверяемого ПД при помощи последовательно подсоединенных магазина сопротивления МС и вольтметра В. Вода, прошедшая через весь трубопровод сливается обратно в мерную емкость. Емкость предусмотрена таким образом, чтобы пузырьки воздуха, образующиеся при циркуляции жидкости, не попадали в устройство насоса. Погрешность расходомерной установки определяется погрешностью образцового датчика расхода, т.е составляет ±1%.

Работа выполнялась по заказу АО МИТ Темиртау для артезианских скважин снабжающих металлургический комбинат и часть города Темиртау питьевой водой. Серийные выпускаемые датчики являются счётчиками с метрологическими фиксированными характеристиками стоимость которых составляет от тысячи долларов США. Для технологического учёта расхода воды необходимо было разработать не дорогой датчик расхода воды с возможностью изготовления на предприятиях Караганды. В отличии от серийных выпускаемых счётчиков датчик должен был контролировать реверс воды в скважине, если обратный клапан перестал функционировать. Так как количество скважин составляет 44, применение недорогих датчиков будет экономически оправдано.

Список использованных источников

1. М.А. Мукашева, Г.М. Тыкежанова, З.Т. Кыстаубаева, Ш.М. Нугуманова САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГОРОДА ТЕМИРТАУ // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 82-83; URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=25049> (дата обращения: 20.10.2023).

2. Электромагнитные расходомеры: конструктивные соображения и решения (donntu.ru) <https://masters.donntu.ru/2017/fkita/filipsonov/library/article10eng.htm?ysclid=ln04k8abz848095046>

3. Статьи / Измерительная техника / Электромагнитные расходомеры. Устройство, принцип действия, типы электромагнитных расходомеров 29.12.11 Электромагнитные расходомеры. Устройство, принцип действия, типы электромагнитных расходомеров. (eti.su) https://eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_528.html?ysclid=lo6uuxz5ij935322616

ГОСТР 8.675— 2009 Государственная система обеспечения единства измерений РАСХОДОМЕРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ Методика поверки