

ИНФОРМАЦИОННО-СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С КОРИОЛИСОВА РАСХОДОМЕРА ИНЕРЦИОННОГО ТИПА

М. Ю. Михеев, Е. А. Гудкова, А. А. Лепешев

Создание и развитие новых технологий и производственных процессов привели к возросшей потребности измерения расхода жидкостей, протекающих в напорных и безнапорных трубопроводах. Измерение расхода и массы жидкости широко применяется как в товароучетных и отчетных операциях, так и при контроле, регулировании и управлении технологическими процессами. В качестве объектов использования могут выступать предприятия промышленности, транспортные средства (суда, самолеты и космические корабли) и др. Информатизация процессов сбора и обработки данных с кориолисова расходомера [1] необходима для измерения массового расхода, плотности и температуры.

Обобщенная структурная схема системы сбора и обработки данных для измерения расхода и массы жидкости на базе кориолисова расходомера инерционного типа [2] представлена на рис. 1. Модуль сбора данных должен обеспечивать снятие и оцифровку измерительных сигналов с четырех датчиков и их передачу в модуль обработки данных. Таким образом, модуль состоит из четырех измерительных каналов – каналов ввода аналоговой информации. Структурная схема одного измерительного канала приведена на рис. 1. Она состоит из тензометрического датчика (Д), нормирующего усилителя (НУ), аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и микроконтроллера (МК). НУ предназначен для преобразования дифференциальных сигналов, получаемых с мостовой схемы тензометрического датчика, в нормированный измерительный сигнал. Другими словами НУ осуществляет согласование датчика с АЦП.

Микроконтроллер осуществляет управление работой измерительного канала. Основной его функцией является получение цифровых данных с выхода АЦП и передача их в канал связи (КС).

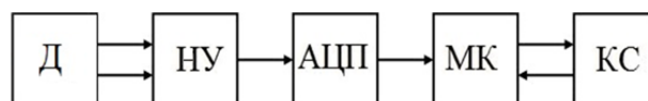


Рис. 1. Структурная схема измерительного канала

Требования к датчику:

- диапазон измерения давления – от –200 до 200 кПа;
- точность измерения давления – до 0,1 %;
- точность измерения температуры $\pm 0,5$ °С;
- частотный диапазон – от 0 до 100 Гц.

Требования к АЦП:

- разрядность – не менее 20 бит для входного диапазона ± 5 В;
- быстродействие – не менее 1 кГц для обеспечения минимум 10 отсчетов на период сигнала.

В зависимости от реализации конструкции при решении конкретной задачи и габаритных размеров кориолисова расходомера модуль сбора данных может иметь структуру, представленную на рис. 2.

Однако данный вариант реализации значительно увеличивает требования к вычислительной мощности и быстродействию модуля обработки данных вследствие необходимости опроса четырех каналов ввода в режиме реального времени.

Преимуществом данной реализации модуля является возможность обработки получаемых измерительных сигналов, вычисление и передача в канал связи непосредственно значений измеряемых параметров. Таким образом, модуль обработки данных при наличии запоминающего

устройства в своем составе может функционировать в автономном режиме и фактически является законченным устройством.

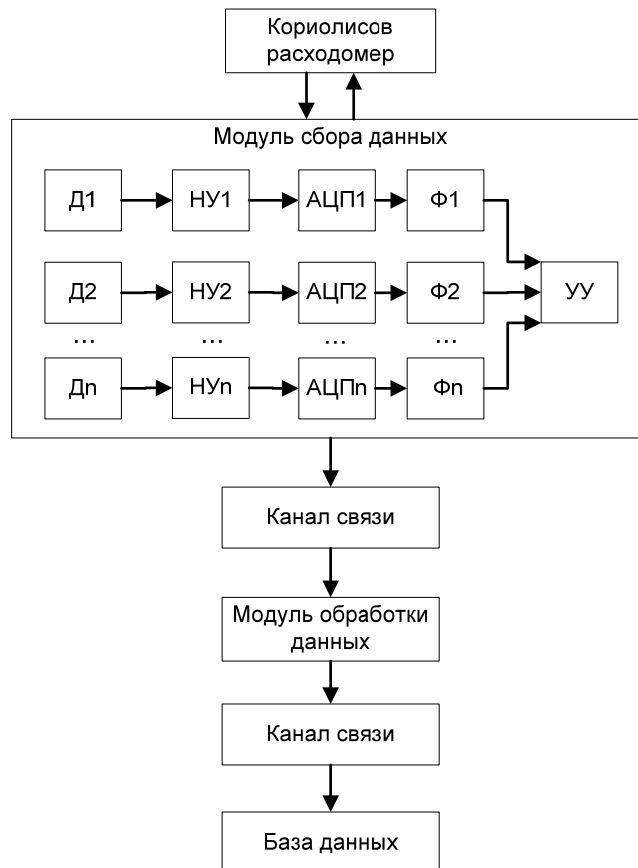


Рис. 2. Обобщенная структурная схема системы

Кроме того, модуль обработки должен располагаться в непосредственной близости от самого расходомера или совмещен с ним в связи с ограниченностью протяженности линий связи между датчиками и данным модулем, обусловленной действием помех и поддерживаемыми АЦП протоколами связи.

Применение структуры модуля сбора данных, показанной на рис. 2, позволяет реализовать каждый измерительный канал в виде интеллектуального датчика, поддерживающего необходимые сетевые протоколы передачи данных, а модуль обработки реализовать на основе стандартных вычислительных средств. Таким образом, при использовании распространенных сетевых технологий модуль обработки может располагаться на любом расстоянии от расходомера. Другими словами, построение модуля сбора данных на основе интеллектуальных датчиков позволит получить преимущества сенсорных сетей [3, 4].

Далее следует передача сигнала в модуль обработки данных, где осуществляется фильтрация сигнала.

Основным компонентом модуля обработки данных является фильтр, задача которого – очистить входной сигнал от зашумленности, его выбор обуславливается характеристиками фильтруемого сигнала. Учитывая то, что форма и параметры сигнала практически не изменяются, в связи с тем, что расходомер работает на заранее определенной частоте [5–16], для известной измеряемой жидкости, то для фильтрации сигнала может быть использован полосовой фильтр. После модуля обработки данные передаются через канал связи в базу данных (БД) системы.

Объектно ориентированное моделирование [1–3] системы на языке *UML* в информационной среде *Enterprise Architect*.

Рассмотрим диаграмму вариантов использования, представленную на рис. 3 и описывающую функциональное назначение системы.

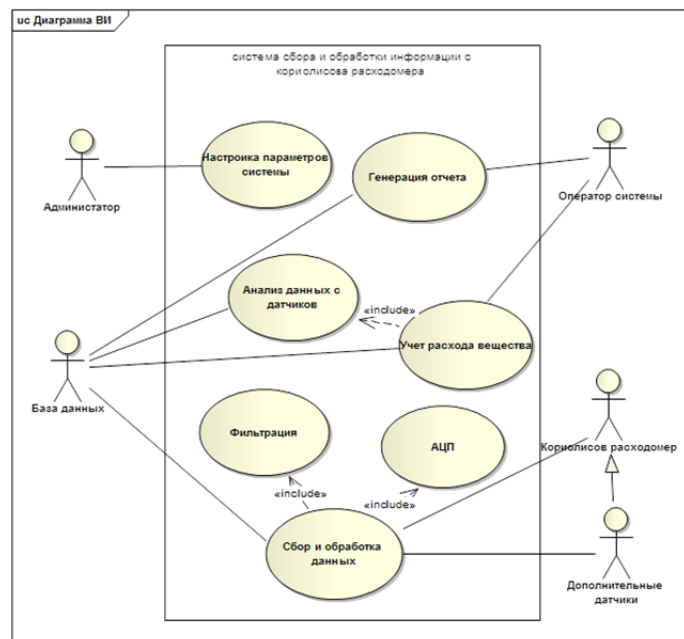


Рис. 3. Диаграмма вариантов использования системы

Система представляется в виде множества актеров (дополнительные датчики (например, датчик температуры), кориолисов расходомер, база данных, оператор, администратор), взаимодействующих с системой с помощью вариантов использования. При этом под актером понимается любая сущность, взаимодействующая с системой извне (человек, техническое устройство, программа). Вариант использования служит для описания сервисов, которые система предоставляет актеру.

Для проектирования системы использована технология *UML*-моделирования. Разработанная БД (рис. 4) системы состоит из следующих таблиц:

- сигнал (Signal);
- модуль обработки данных (Data processing);
- устройства ввода данных: кориолисов расходомер и дополнительные датчики (Device input data);
- данные оператора (User);
- файл (File).

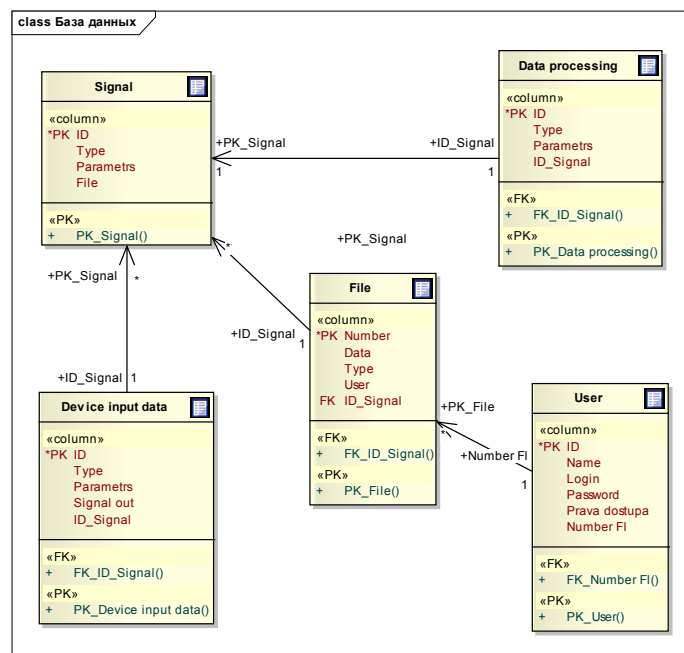


Рис. 4. База данных

В разработанной БД таблица *Data processing* по внешнему ключу *FK ID_Signal* связана с первичным ключом *PK_Signal()* таблицы *Signal*. Все объекты таблицы *Data processing* с ролью *Signal* должны участвовать в некотором экземпляре данной ассоциации, причем в каждом экземпляре ассоциации может участвовать ровно один объект таблицы с данной ролью. На схеме это указывается единицей рядом со стрелкой ассоциации.

Таблица данных *File* по внешнему ключу *ID_Signal* связана с первичным ключом *PK_Signal* таблицы *Signal*. Кратность данной ассоциации («1..*») говорит о том, что все объекты таблицы *Signal* с ролью *File* должны участвовать в некотором экземпляре данной ассоциации, и в каждом экземпляре ассоциации должен участвовать хотя бы один объект.

По внешнему ключу *ID_Signal* таблица *Device input data* также связана с первичным ключом *PK_Signal* таблицы *Signal*. Таблица данных *User* по внешнему ключу *Number_Fl* связана с первичным ключом *PK_File* таблицы *File*. Моделирование динамики системы проводится с использованием диаграмм деятельности и последовательности. На диаграмме деятельности (рис. 5) представлена организация работы системы.

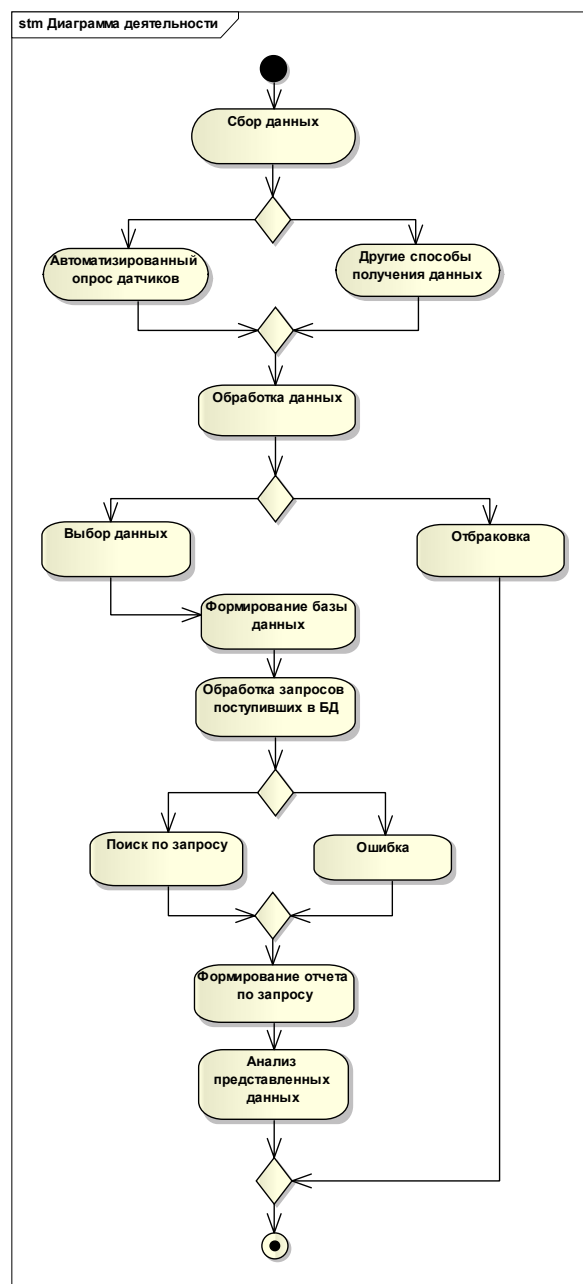


Рис. 5. Диаграмма деятельности

Осуществляется сбор данных с помощью автоматического опроса датчиков (заложен вариант других способов получения данных). Эти данные проходят обработку и из них формируется БД. В сформированную БД могут поступать различные запросы, которые БД должна обработать и сформировать ответы на запросы, при этом не всегда возможно найти информацию, которую запрашивают. Представленные данные анализируются оператором.

На рис. 6 изображена диаграмма последовательности для процессов сбора и обработки данных, представляющая собой взаимодействия элементов модели в форме последовательности сообщений и соответствующих событий на линиях жизни объектов.

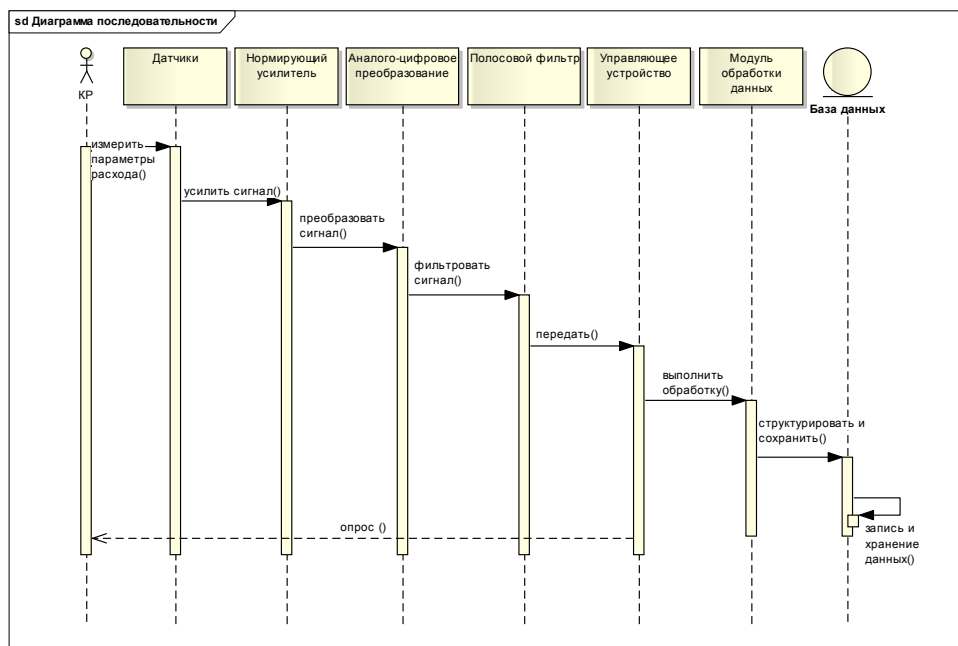


Рис. 6. Диаграмма последовательности для процессов сбора и обработки данных

На данной диаграмме представлен кориолисов расходомер и дополнительные датчики, с которых осуществляется сбор данных о параметрах расхода вещества. Далее данные подаются на нормирующий усилитель и проходят аналого-цифровое преобразование. Затем полосовой фильтр очищает сигнал от шумов. Отфильтрованный сигнал попадает на устройство управления, после чего данные проходят обработку и записываются в БД.

На рис. 7 представлена диаграмма последовательности для процесса работы оператора с БД.

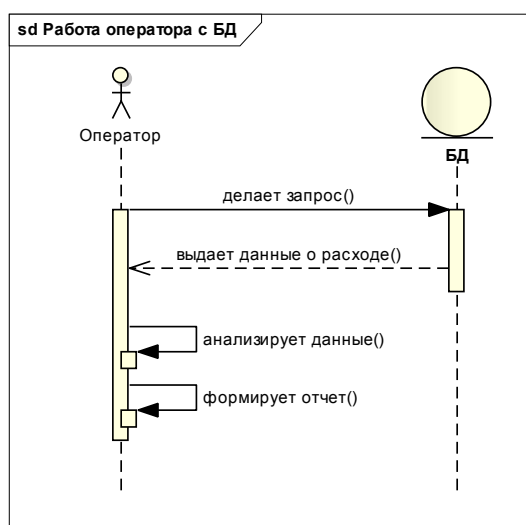


Рис. 7. Диаграмма последовательности для процесса работы оператора с базой данных

Оператор может направлять запросы, БД выдает сведения на поступивший запрос, оператор анализирует представленные данные и при необходимости формирует отчет.

Диаграмма компонентов, служащая для представления программных компонентов и зависимостей между ними, представлена на рис. 8.

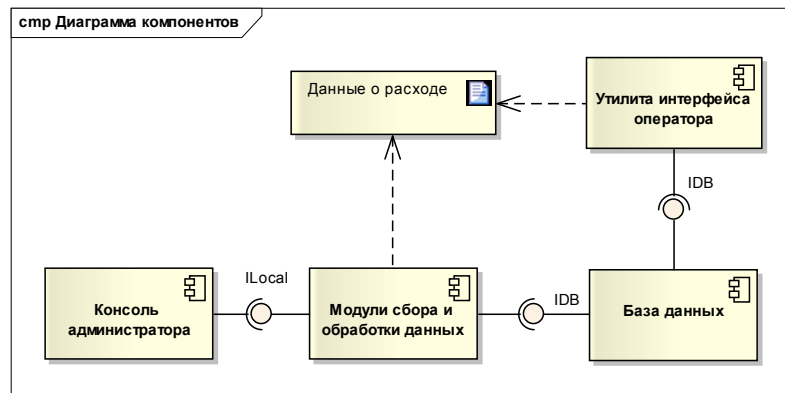


Рис. 8. Диаграмма компонентов

Компонент «консоль администратора» обращается к компоненту «модуль сбора и обработки данных», который предоставляет ему интерфейс *ILocal*.

Компонент «модуль сбора и обработки данных» имеет обращение к базе данных через интерфейс *IDB* и отношение зависимости с *artifact* «Данные о расходе». База данных в свою очередь предоставляет интерфейс компоненту «утилита интерфейса оператора» через интерфейс *IDB*, данный компонент также связан отношением зависимости с *artifact* «Данные о расходе».

Таким образом, были разработаны следующие информационно-структурные модели: структурная схема измерительного канала, обобщенная структурная схема системы сбора и обработки данных с кориолисова расходомера инерционного типа; проведено объектно ориентированное моделирование системы в виде совокупности диаграмм языка *UML*.

Список литературы

1. Mikheev, M. U. On the multilevel information model of behavior of groups of autonomous intelligent agents for biomedical systems / M. U. Mikheev, V. V. Istomin, T. V. Istomina // Инновационные информационные технологии : III Междунар. науч.-практ. конф. / Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ. – Прага, Чехия, 2014. – № 1. – С. 385–395.
2. Гудков, К. В. Объектно-ориентированное моделирование информационной системы сбора, обработки и хранения данных / К. В. Гудков, Е. А. Гудкова // Труды международного симпозиума Надежность и качество, 2014. – Т. 1. – С. 199–203.
3. Гудков, К. В. Разработка подсистемы сбора данных для кориолисова расходомера / К. В. Гудков, К. Ю. Пискаев и др. // Современные информационные технологии : тр. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : ПГТА, 2010. – № 12. – С. 41–45.
4. Жашкова, Т. В. Обобщенная процедура синтеза алгоритмов нейросетевой идентификации на базе теории целых функций экспоненциального типа / Т. В. Жашкова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 4 (24). – URL: [http://www.aspu.ru/images/File/Izdatelstvo/Prikspiiskii%204\(24\)2013/94-101.pdf](http://www.aspu.ru/images/File/Izdatelstvo/Prikspiiskii%204(24)2013/94-101.pdf).
5. Михеев, М. Ю. Increasing the precision of metrological characteristics of smart sensors in large scale monitoring systems / М. Ю. Михеев, В. А. Юрманов, К. Ю. Пискаев и др. // Инновационные информационные технологии : III Междунар. науч.-практ. конф. / Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ. – Прага, Чехия, 2014. – № 2. – С. 370–375.
6. Михеев, М. Ю. Интегрирующие АЦП с частотно-импульсной модуляцией / М. Ю. Михеев, В. А. Юрманов, К. Ю. Пискаев // Труды международного симпозиума Надежность и качество, 2014. – Т. 1. – С. 315–318.
7. Михеев, М. Ю. Построение имитационных моделей нейросетевой идентификации сигналов с датчиков на ПАВ / М. Ю. Михеев, С. А. Исаков, Е. Н. Мурашкина // Современные информационные технологии : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : ПГТА, 2014. – Вып. 14. – С. 60–65.
8. Михеев, М. Ю. Применение UML-моделирования для управления структурной динамикой сложных технических систем нейросетевой идентификации сигналов сложной формы / М. Ю. Михеев, С. А. Иса-

- ков, Е. Н. Мурашкина // Труды международного симпозиума Надежность и качество, 2014. – Т. 1. – С. 244–247.
9. Михеев, М. Ю. Разработка диаграммы вариантов использования датчиков на ПАВ / М. Ю. Михеев, С. А. Исаков, Е. Н. Мурашкина // Современные информационные технологии : сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : ПГТА, 2014. – Вып. 14. – С. 57–60.
 10. Михеев, М. Ю. Реализация модельно-ориентированного подхода при проектировании системы сбора данных / М. Ю. Михеев, К. В. Гудков, Е. А. Гудкова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 304. – URL: www.science-education.ru/120-16833.
 11. Михеев, М. Ю. Реализация модельно-ориентированного подхода при проектировании систем сбора данных / М. Ю. Михеев, К. В. Гудков, Е. А. Гудкова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 304.
 12. Михеев, М. Ю. Имитационное моделирование нейросетевой идентификации сигналов сложной формы / М. Ю. Михеев, С. А. Исаков, Е. Н. Мурашкина // Труды международного симпозиума Надежность и качество, 2014. – Т. 1. – С. 203–206.
 13. Михеев, М. Ю. Синтез элементов поверочных систем дозирования компонентов топлива / К. В. Гудков, М. Ю. Михеев, В. А. Юрманов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2010. – № 3 (28). – С. 55–60.
 14. Системы проверки кориолисовых расходомеров / М. Ю. Михеев, К. В. Гудков, В. А. Юрманов, Н. К. Юрков // Измерительная техника. – 2012. – № 8. – С. 51–54.
 15. A method of automatic verification of Coriolis flowmeters in the field / N. K. Yurkov, K. V. Gudkov, M. Yu. Mikheev, V. A. Yurmanov // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55. – May. – Issue 2. – P. 151–155.
 16. Systems of Coriolis flowmeters in the field / N. K. Yurkov, K. V. Gudkov, M. Yu. Mikheev, V. A. Yurmanov // Measurement Techniques. – 2012. – V. 55. – November. – Issue 6. – P. 132–139.

Михеев Михаил Юрьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой
информационных технологий и систем,
Пензенский государственный
технологический университет,
(440039, Россия, г. Пенза, ул. Гагарина, 13)
(8412) 49-60-09
E-mail: mix1959@gmail.com

Гудкова Екатерина Александровна

ассистент,
кафедра информационных технологий и систем,
Пензенский государственный
технологический университет,
(440039, Россия, г. Пенза, ул. Гагарина, 13)
(8412) 49-60-09
E-mail: vea.11@yandex.ru

Лепешев Андрей Алексеевич

старший инженер,
военное представительство 5021 МО РФ,
экстерн,
Пензенский государственный
технологический университет»,
(440039, Россия, г. Пенза,
проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11)
(8412) 49-60-09

Аннотация. Создание и развитие новых технологий и производственных процессов привели к возросшей потребности измерения расхода жидкостей, протекающих в напорных и безнапорных трубопроводах. Системы сбора и обработки данных в настоящее время являются общедоступным средством

Mikheev Mikhail Yur'evich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department
of information technologies and systems,
Penza State Technological University,
(440039, 13 Gagarin street, Penza, Russia)

Gudkova Ekaterina Aleksandrovna

assistant,
sub-department of information technologies and systems,
Penza State Technological University,
(440039, 13 Gagarin street, Penza, Russia)

Lepeshev Andrey Alekseevich

senior engineer,
military representation 5021
of Ministry of Defence of the Russian Federation,
externe,
Penza State Technological University
(440039, 1a/11 Baydukova travel / Gagarin street,
Penza, Russia)

Abstract. Creation and development of new technologies and manufacturing processes have led to increased demand for flow measurement of liquids flowing in pressure and non pressure. Data collection and processing are now available of obtaining experimental data of a new quality that cannot be obtained by other

получения экспериментальной информации нового качества, которую невозможно получить иными средствами – это результаты обработки огромного числа измерений, полученных в цифровой форме; возможность регистрации случайно появляющихся событий с высокой разрешающей способностью по времени и амплитуде; регистрация быстрых процессов. В данной статье разработаны информационно-структурные модели системы сбора и обработки данных с кориолисова расходомера инерционного типа: структурная схема измерительного канала, обобщенная структурная схема системы сбора и обработки данных с кориолисова расходомера инерционного типа; проведено объектно ориентированное моделирование системы в виде диаграмм языка UML.

Ключевые слова: система сбора и обработки данных, UML-модели, кориолисов расходомер, моделирование.

means – is the result of processing a huge number of measurements obtained in digital form; possibility of detecting randomly occurring events with high resolution in time and amplitude; registration of fast processes. In this paper, we develop information-structural model of the system for collecting and processing data for the Coriolis flowmeter inertial type: block diagram of the measuring channel, a generalized block diagram of a system for collecting and processing data from Coriolis flowmeter inertial type; fulfilled object-oriented simulation in the form of diagrams UML.

Key words: simulation, system of data collection and processing, UML-model, the Coriolis flowmeter, modeling.

УДК 519.876.5

Михеев, М. Ю.

Информационно-структурные модели системы сбора и обработки данных с кориолисова расходомера инерционного типа / М. Ю. Михеев, Е. А. Гудкова, А. А. Лепешев // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 1 (9). – С. 43–50.