АНАЛИЗ СИСТЕМНЫХ РЕШЕНИЙ ПОРТАТИВНЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ

ANALYSIS OF SYSTEM SOLUTIONS FOR PORTABLE WEATHER STATIONS

УДК 681.3

ГОЛОВИНОВ ЕВГЕНИЙ ЭДУАРДОВИЧ¹

К. т. н., ведущий научный сотрудник
 evgeny@golovinov.info

GOLOVINOV EVGENY E.¹

Ph.D
 evgeny@golovinov.info

АМИНЕВ ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ^{1,2}

К. т. н., старший научный сотрудник
 aminev.d.a@ya.ru

AMINEV DMITRI A.^{1,2}

Ph.D
 aminev.d.a@ya.ru

КУЛАКОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ²

*Магистрант кафедры «Проектирование и технология
 производства электронной аппаратуры»*
 vicodin1080@gmail.com

KULAKOV VICTOR A.²

vicodin1080@gmail.com

БАКИРОВ ШАМИЛЬ МИХАЙЛОВИЧ²

*Магистрант кафедры «Проектирование и технология
 производства электронной аппаратуры»*
 shamil0509@mail.ru

BAKIROV SHAMIL M.²

shamil0509@mail.ru

ГРИГОРЬЕВ ПАВЕЛ ВАЛЕРЬЕВИЧ²

*Аспирант кафедры «Проектирование и технология
 производства электронной аппаратуры»*
 grigorevvp@gmail.com

GRIGORIEV PAVEL V.²

grigorevvp@gmail.com

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
 гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова

² МГТУ им. Н. Э. Баумана

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

¹ FGBNU "VNIIGIM im. A. N. Kostjakova"

² Bauman MSTU

bld. 1, 5 2nd Baumanskaya St., Moscow, 105005

Проводится аналитический обзор зарубежных и отечественных патентов по погодным метеостанциям. В хронологическом порядке представлено краткое описание изобретений за последнюю четверть века. Описана технология современных метеоизмерений. Рассмотрены основные типы используемых датчиков. Выявлены тенденции усложнения и развития метеокомплексов по ряду ключевых особенностей.

Ключевые слова: патент; изобретение; метеостанция; погода; измерение; обзор.

The article deals with an analytical review of foreign and domestic patents devoted to weather stations. The brief description of inventions for the last 25 years is given chronologically. The article presents current technology of meteorological measurements, highlighting tendencies of meteorological systems complication and their development by a number of key features.

Keywords: patent; invention; weather station; weather; measurement; review.

ВВЕДЕНИЕ

Метеорологическая станция представляет собой учреждение для производства метеорологических наблюдений в месте, выбранном с удовлетворением определенных требований в отношении рельефа местности, близости зданий и населенных пунктов. Метеостанция включает метеорологическую площадку, где расположены основные приборы для метеорологических наблюдений. Метеостанция оборудуется стандартной для данной сети аппаратурой, с помощью которой производятся наблюдения в установленные сроки в определенной последовательности [1]. Портативные метеостанции активно применяются для реализации функций мониторинга климатических условий в автономном режиме [2–4]. На изобретения по портативным метеостанциям получен ряд отечественных (RU), зарубежных (EP, US) и международных (WO) патентов.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОРТАТИВНЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ

Обобщенная модель метеостанции предполагает, что она измеряет направление и скорость ветра, температуру на поверхности земли, атмосферное давление, относительную влажность воздуха, влажность почвы, видимость, осадки, тип осадков, преобладающую погоду, высоту облаков, шум, вибрации, радиоактивность воздуха, солнечную радиацию, загрязнение воздуха и погодные условия на поверхности и т. п.

Согласно изобретению, представленному в [5], предлагаемая метеостанция размещена в непосредственной близости от базовой станции цифровой мобильной телефонной сети, использующей ее электропитание и мачтовые структуры, а данные о погоде передаются пользователю через цифровую телефонную сеть.

В устройстве [6] измерения высоты над уровнем моря высота рассчитывается компьютером на основе достаточного количества метеорологических проб от датчиков температуры, давления и влажности. Данные выводятся на экран, принтер или записываются в устройство хранения.

Беспроводная метеорологическая станция [7] в течение длительного времени измеряет в месте сбора данных влияющие на погоду параметры. Данные о погоде могут передаваться на удаленный терминал в отложенном режиме, что требует существенно меньшей суммарной мощности, нежели при передаче в режиме реального времени, который также поддерживается. Блок датчиков расположен в месте сбора данных и питается от солнечной батареи. Микропроцессорный блок управляет преобразователями данных с необходимыми частотой дискретизации и интервалами передачи, создает единый пакет [8], причем каждый из интервалов имеет заранее определенную длину, зависящую от мощности, потребляемой блоком датчиков, и текущего уровня заряда батареи. Таким образом, передача данных на удаленную принимающую станцию происходит в режиме реального времени, но фактически осуществляется с задержкой на время интервала передачи данных. Изобретение отличается низким энергопотреблением и возможностью передавать данные на удаленный терминал.

Переносная комплексная экологическая метеостанция [9] автоматического контроля физико-химического, радиационного состояния атмосферного воздуха содержит термостатированный корпус с размещенной внутри него измерительной, микропроцессорной и передающей аппаратурой и метеодатчики. Введен осадкомер, выполненный в виде оттарированного сосуда с конической контактирующей с атмосферой горловиной и сливной пробкой. Горловина снабжена электронагревателем с датчиком температуры [10]. В сосуд встроен датчик перепада давлений с температурной компенсацией.

Аппаратура метеостанции [11] содержит базовую станцию, микроконтроллер (МК) которой обрабатывает и передает

на радиочастотный передатчик метеорологическую информацию от датчиков, и выносной индикатор, имеющий радиочастотный приемник данных от передатчика, схему управления для последующей обработки беспроводного сигнала и световой индикатор. Индикатор изменяет цвет свечения в зависимости от полученной информации о погоде.

Экологический информационный пост [12] автоматического контроля физико-химического, радиационного состояния атмосферного воздуха предназначен для использования в районах нефтегазовых месторождений, металлургических, химических, атомных производств. Метеопост содержит герметичный корпус с размещенными в нем блоками электронной аппаратуры, имеющими кабельную связь с метеодатчиками, установленными вне корпуса. На корпусе с выпуклой крышкой закреплен герметичный пустотелый кронштейн с фланцем на торце. Внутри корпуса установлены электроподогреватель и съемная рама с закрепленными на ней блоками электронной аппаратуры и электропитания.

В метеорологической станции [13] имеется МК для оценки информации о погоде, получаемой от датчика параметра атмосферы, и ЖК-дисплей. ЖК-дисплей имеет многослойную структуру, включающую переднюю и заднюю стеклянные пластины, ЖК-материал между пластинами в виде рисунка, имеющего несколько частей, самый передний пропускающий поляризатор и трансфлексивный поляризатор позади задней стеклянной пластины. За задним поляризатором имеется цветная подложка, которая имеет несколько областей разных цветов и покрывает детали ЖК-рисунка, так что цветовые области выборочно отображаются через части рисунка, тем самым отображая информацию о погоде в цвете.

Метеостанция [14] создает искусственные метеорологические явления, что позволяет предоставлять пользователю информацию о погоде. Станция включает модуль метеоинформации, который получает информацию о погоде, и модуль

INTRODUCTION

The weather station is a facility for meteorological observations in a place which is chosen to satisfy certain requirements depending on local relief, proximity to buildings and population areas. The weather station includes a platform, where the main instruments for meteorological observations are located. The weather station is provided with a standard for this network equipment, through which observations are made at a fixed time and in a specific sequence [1]. Portable weather stations are regularly used to monitor climatic conditions in an autonomous mode [2–4]. A number of domestic (RU), foreign (EP, US) and international (WO) patents for portable weather stations have been obtained.

SYSTEM ANALYSIS OF PORTABLE WEATHER STATIONS

According to the weather station generalized model it measures the direction and speed of the wind, temperature on the surface of the

earth, atmospheric pressure, relative humidity, soil moisture, visibility, precipitation, precipitation type, prevailing weather, cloud height, noise level, vibration, air radioactivity, solar radiation, air pollution and weather conditions on the surface, etc.

According to the invention presented in [5] the proposed weather station is located in close proximity to the base station of digital mobile phone network and uses its power supply and mast structures, weather data being transmitted to the user through digital phone network.

The device [6] measures altitude above the sea level, which is calculated by the computer on the basis of a sufficient number of meteorological data provided by temperature, pressure and humidity sensors. Calculated data are displayed on the screen, printer or written to the storage device.

The wireless weather station [7] measures parameters influencing weather at data collection location for a long time. Weather data can be transmitted to the remote terminal using

delayed transmission, which requires significantly less total power than real-time transmission, which is also available. The sensors unit is located at the data collection location and is powered by a solar battery. The microprocessor unit controls the data converters with the necessary sampling frequency and transmission intervals, and creates a single packet [8], each of the intervals having a predetermined length, depending on the power consumed by the sensor unit and the current battery level. Thus, data transfer to the remote receiving station occurs in real time, but is actually carried out with a delay for the time interval of data transmission. The invention is characterized by low power consumption and the ability to transmit data to a remote terminal.

A portable ecological weather station [9] for automatic monitoring of the physicochemical and radiation state of atmospheric air has a thermostated case with measuring, processing and transmitting equipment inside, and meteorological sensors. A rain gauge, in the

моделирования метеорологических явлений, который с помощью физических объектов генерирует естественные погодные явления, характерные для дождливой, снежной, ветреной, солнечной, облачной и туманной погоды. Несколько таких метеостанций можно размещать рядом друг с другом, для того чтобы дать наглядное представление о прогнозе погоды на несколько дней в одной местности.

Портативная метеорологическая станция [15] со встроенными датчиками климатических параметров для расчета и прогнозирования местных погодных условий содержит корпус с замком, в котором установлен печатный узел с процессором и модулем памяти, клавишами ввода и дисплеем. Данные от погодного датчика множества внешних условий в текущем местоположении записываются в модуль памяти и могут отображаться на дисплее. Станция способна прогнозировать погоду для данного местоположения и учитывает местные изменения в погодных условиях.

Станция [16] имеет по меньшей мере один конструктивный элемент, который установлен с помощью подшипников на корпусе или стойке и может вращаться относительно вертикальной оси, что позволяет элементу ориентироваться по направлению ветра. Также станция содержит оптоэлектронное измерительное устройство, которое генерирует электрический сигнал, соответствующий величине угла, на который отклоняется конструктивный элемент. Этот измеритель с по меньшей мере двумя световодами, каждый из которых имеет собственный светоизлучающий элемент и общий фотоприемник, образует совокупность световодов. Каждый световод используется для сканирования группы меток, которые расположены вокруг оси по меньшей мере одного экрана таким образом, что совокупность сканируемых меток образует код, который содержит информацию о величине угла, на который отклоняется элемент, ориентирующийся по направлению ветра. Светоизлучающие элементы определяют угловое положение элемента конструктивного элемента.

Сеть экологического мониторинга [17] состоит из нескольких автономных постов с датчиками контроля окружающей среды, видеокамерами, тепловизорами. Энергообеспечение постов осуществляется ветровыми и солнечными батареями.

form of a container with a conical neck contacting with the atmosphere and a drain plug, has been introduced. The neck is equipped with an electric heater with a temperature sensor [10]. A differential pressure sensor with temperature compensation is integrated in the vessel.

The weather station [11] equipment contains a base station, whose microcontroller unit (MCU) processes and transmits meteorological information from sensors to the radio frequency transmitter, and a remote indicator with a radio frequency data receiver from the transmitter, a control unit for the subsequent processing of the wireless signal, and a light indicator. The indicator changes the color of the glow depending on the received weather information.

The ecological information post [12] of automatic control of the physicochemical

and radiation state of atmospheric air is intended for usage in areas of oil and gas fields, metallurgical, chemical, and nuclear industries. The meteorological station contains a sealed enclosure with electronic equipment units placed inside that have cable communication with weather sensors installed outside the package. On the body with a convex lid, the hermetic hollow bracket is fixed with a flange at the end. Inside the case there is an electric heater and a removable frame with electronic equipment and power supplies fixed on it.

The weather station [13] has MCU for estimating weather information from the atmospheric parameter sensor and an LCD display. The LCD has a multi-layer structure including a front and back glass plates, LCD material between the plates in the form of a pattern having several parts, the most forward transmissive

Ветроэнергетические установки смонтированы ярусами и вращаются под напором ветра навстречу друг другу. Обороты вращения ветроэнергетических установок суммируются через сумматор-вариатор и передаются на генератор. В металлическом шкафу, закрепленном высоко на башне, размещены аккумуляторный отсек и электронные блоки передачи данных. Посты установлены по принципу ячейки, на одинаковом расстоянии друг от друга. Причем в каждой ячейке содержится девять базовых станций, соединенных между собой локально и имеющих одну головную башню. Вся информация, собранная с постов, накапливается в головной башне, а затем передается через сотовую связь или по выделенному каналу региональным службам для анализа обстановки и принятия решений.

Комплекс [18] для измерения параметров окружающей среды и состояния льда включает установленные в едином термостатируемом корпусе: подключенные к приемопередающему устройству блоки управления, определения координат по системе спутниковой навигации, определения состояния атмосферы и толщины ледового покрова; блок электропитания. Предусмотрена передача телеметрии состояния бортовых систем комплекса.

Модуль [19] управления ирригацией корректирует график полива для подключенного контроллера орошения на основе метеорологических данных, предоставляемых местной метеостанции. Модуль может давать к контроллеру орошения дополнительные корректировки, основанные на погодных условиях, графиках полива, при отсутствии аппаратного обеспечения (например, беспроводного передатчика, достаточного объема памяти) и программного обеспечения (например, алгоритмов эвапотранспирации) для хранения и интерпретации метеорологических данных с метеостанции [20].

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

На основании проведенного патентного обзора, проводя обобщения, можно выявить современную технологию метеорологических измерений, которая предусматривает использование программно-аппаратного комплекса для проведения полевых измерений, средств телеметрии для передачи данных на удаленный

polarizer and a transfective polarizer behind the rear glass plate. Behind the rear polarizer there is a colored substrate that has several areas of different colors and covers the details of the LCD pattern, so that the color areas are selectively displayed through the parts of the pattern, thereby displaying information about the weather in color.

The weather station [14] creates artificial meteorological phenomena, which allows the user to provide information about the weather. The station includes a weather information module that receives weather information and a weather phenomena modeling module that uses natural objects to generate natural weather patterns that are characteristic of rainy, snowy, windy, sunny, cloudy and foggy weather. Several such weather stations can be placed next to each other to give a visual representation

терминал и алгоритмы обработки полученных данных. Измеряются следующие основные метеопараметры: температура и влажность приземного слоя атмосферы, корнеобитаемого слоя почвы, давление воздуха и солнечная радиация. На рис. 1 представлена схема технологии.

Микроконтроллер (МК) измерительного комплекса принимает и обрабатывает данные от датчиков и навигационного приемника. Телеметрия и данные местонахождения передаются посредством GSM модема через сеть Интернет на сервер или непосредственно терминал (смартфон, ПК, планшет) в режиме реального времени. На рис. 2. представлена типизация используемых в большинстве станций датчиков метеопараметров.

Большинство из этих датчиков реализованы в виде отдельных электронных компонентов с низкой степенью

Рис. 1. Технология метеорологических измерений

Fig. 1. Technology of meteorological measurements

Рис. 2. Датчики для метеостанций

Fig. 2. Weather station sensors

of the weather forecast for several days in one locality.

A portable weather station [15] has built-in climate sensors for calculating and forecasting local weather conditions, a case with a lock with printing unit including processor and memory module, input keys, and a display. Data from the weather sensor of the ambient conditions at the current location is recorded in the memory module and can be displayed. The station is able to forecast the weather for a given location, taking into account local variations in weather conditions.

Station [16] has at least one structural element which is set by bearings on the body or stand and can rotate about the vertical axis, which allows the element to orient in the direction of the wind. Also, the station contains an electronic measuring device that

generates signal corresponding to the angle value, to which the structural element deviates. This sensor with at least two light guides, each having its own light-emitting element and a common photodetector, forms a set of light guides. Each light guide is used to scan a group of marks that are arranged around an axis of at least one single screen in such a way that a set of scanned marks forms a code that contains information about the value of angle to which the element oriented in the direction of the wind is deflected. Light-emitting elements determine the angular position of the element of the structural element.

Environmental monitoring network [17] consists of several autonomous posts with sensors for environmental monitoring, video cameras, thermal imagers. Power supply of posts is provided by wind and solar batteries. Wind power

plants are mounted in tiers, the pressure of the wind making them rotate towards each other. The revolutions of rotation of the wind power plants are summed through a CVT and transmitted to the generator. In the metal box fixed high on the tower there is battery compartment and electronic data transmission units. Posts are installed on the principle of the cell, at the same distance from each other. And in each cell there are nine base stations interconnected locally and having one head tower. All the information collected from the posts is accumulated in the head tower and then transmitted through cellular communication or through a dedicated channel to the regional services for analyzing the situation and making decisions.

The complex [18] for measuring the parameters of the environment and the state of ice includes the following components in a single

интеграции. Однако в качестве примера датчика, реализованного на кристалле (в интегральном конструктивном исполнении), можно привести сенсор абсолютного давления СЕАЖ-ДА-600К производства СКБ «Сенсорные системы» НОЦ «Нанотехнологические системы и наноэлектроника» кафедры «Проектирование и технология производства ЭА» МГТУ им. Н. Э. Баумана [21–23]. Диапазон измерения данного датчика: 0–600 кПа. Диапазон рабочих температур: –45...+140 °C.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основной тренд развития метеостанций начиная с середины 90-х гг. совпадает с трендом развития телекоммуникационных и компьютерных технологий, что подтверждается их оснащением модулями взаимодействия с системами ГЛО-НАСС/GPS, GSM и сетью Интернет, а также использованием возобновляемых источников энергии [24].

Современная технология метеоизмерений базируется на программно-аппаратном комплексе, который регистрирует данные от датчиков и передает их на удаленный терминал по радиоканалу.

Большинство метеостанций измеряют следующие параметры:

- температура и влажность воздуха и почвы;
- скорость и направление ветра;
- наличие и тип осадков;
- атмосферное давление;
- уровень радиации.

thermostatable enclosure: control units connected to the transceiver device, determining coordinates by the satellite navigation system and the state of the atmosphere of the total ice cover; power supply unit. The telemetry of the state of the onboard systems of the complex is provided.

The irrigation management module [19] adjusts the irrigation schedule for the connected irrigation controller basing on the meteorological data provided to the local weather station. The module can give additional corrections to the irrigation controller basing on weather conditions and irrigation schedules, in the absence of hardware (e.g. a wireless transmitter, a sufficient amount of memory) and software (e.g. evapotranspiration algorithms) for storing and interpreting meteorological data from the weather station [20].

TECHNOLOGY OF METEOROLOGICAL MEASUREMENTS

Basing on the conducted patent review, generalizations can reveal a modern technology of meteorological measurements, which involves the use of a hardware and software complex for conducting field measurements, telemetry tools for data transfer to a remote terminal and algorithms for processing the data. The following main meteorological parameters

are measured: temperature and humidity of the surface layer of the atmosphere, the root layer of the soil, air pressure and solar radiation. Fig. 1 shows the diagram of technology.

The microcontroller unit (MCU) of the measuring complex receives and processes data from sensors and the navigation receiver. Telemetry and location data are transmitted by GSM modem via the Internet to the server or directly to the terminal (smartphone, PC, tablet) in real time. Fig. 2 presents typical meteorological sensors used in most stations.

Most of these sensors are implemented as separate electronic components with a low degree of integration. However, there is an example of a sensor implemented on a chip (in integrated design) — the absolute pressure sensor CEAJ-DA-600K manufactured by “Sensor systems” engineering department of “Nanotechnology Systems and Nanoelectronics” ERC (the chair of the design and production technology electronic devices in the Bauman Moscow State Technical University) [21–23]. The measuring range of this sensor is 0–600kPa. The operating temperature range is –45...+140 °C.

CONCLUSION

Thus, the main trend of meteorological stations development since the mid-90s coincides with the development trend of telecommunication

Наиболее эффективными в части функционала, массогабаритных показателей и энергопотребления представляются реализации, рассмотренные в [15–17, 19].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке по Соглашению № 2.4176.2017/ПЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хромов С. П., Мамонтова Л. И. Метеорологический словарь. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 265 с.
2. Аминев Д. А., Головинов Е. Э. Инновационный подход к проведению полевых экспериментов // Качество. Инновации. Обращение. — М.: — 2015. № 1. — С. 26–30.
3. Алипатов М. В., Кудринская Т. В., Пестов Д. А., Попов И. Б. Информационно-измерительный комплекс для мониторинга электрического состояния приземного слоя атмосферы.
4. Козырева Л. В., Ситдикова Ю. Р., Ефимов А. Е., Доброхотов А. В. Методика оценки биологического водопотребления посевов для решения задач управления водным режимом.
5. Европейский патент № EP0690639A2, 03.01.1996. Kai Inha, Pauli Nylander. Method for Connecting a Weather Station to a Mobile Phone Network.
6. Американский патент № US5509295A, 23.04.1996. Fred J. Bartoli. Weather station device.
7. Американский патент № US5920827A, 06.07.1999. John S. Baer, Stephen K. Bohrer, Michael A. Vietti. Wireless weather station.

and computer technologies, which is confirmed by their equipping with modules of interaction with GLONASS/GPS, GSM and Internet networks, as well as using renewable energy sources [24].

Modern meteorological measurement technology is based on a software and hardware complex that registers data from sensors and transmits them to a remote terminal via a radio channel.

The majority of weather stations monitor the following parameters:

- air temperature and humidity;
- soil temperature and moisture;
- wind speed and wind direction;
- all sort of precipitation;
- air pressure;
- radiation level.

The most effective in terms of functional, mass and size indicators and energy consumption are the implementations considered in [15–17, 19].

The work has been carried out with partial financial support under the Agreement No. 2.4176.2017/P.Ch.

REFERENCES

1. Khromov S. P., Mamontova L. I. *Meteorological Dictionary*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 265 p. (In Russian).

8. Аминев Д. А., Увайсов С. У. Алгоритм распределения пропускной способности систем регистрации сигналов от множества датчиков. // Датчики и системы. — М.: — 2012. — Выпуск 5. — С. 26–29.
9. Патент РФ № 2251128С1, 27.04.2003. Гореликов В. И., Тугаенко В. Ю. Переносная комплексная метеостанция.
10. Аминев Д. А., Манохин А. И., Семененко А. Н., Увайсов С. У. Топологическая тепловая модель пары «электронный компонент-термодатчик» // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — Астрахань: — 2015. № 1. — С. 108–117.
11. Европейский патент № EP1724612A1, 22.11.2006. Raymond 9th Floor Block C Chan. Weather station apparatus.
12. Патент РФ № 2295741С, 20.03.2007. Гореликов В. И., Тугаенко В. Ю. Автоматический метеопост.
13. Американский патент № US20070030425A1, 08.02.2007. Raymond Chan. Weather station.
14. Американский патент № US20090265108A1, 22.10.2009. Raymond Chan, Kin Wing Ho. Natural weather station.
15. Патент ВОИС № WO2009015370A1, 29.01.2009. Gary A. Fisher. Pocket weather station.
16. Американский патент № USRE42057E1, 25.01.2011. Rolf Wilhelm Haupt, Fritz Schaffel. Weather station.
17. Патент РФ № 2472186С2, 10.01.2013. Стребков Д. С., Доржиев С. С., Базарова Е. Г. Сеть автономных постов мониторинга окружающей среды (атмос).
18. Патент РФ № 2486471С1, 27.04.2005. Гореликов В. И., Тугаенко В. Ю. Переносная комплексная метеостанция.
19. Американский патент № US9301460B2, 05.04.2016. Thomas H. Runge. Irrigation Controller with Weather Station.
20. Нестеров Ю. И., Власов А. И., Першин Б. Н. Виртуальный измерительный комплекс // Датчики и системы. 2000. № 4. — С. 12–22.
21. Власов А. И., Журавлева Л. В., Сергеева Н. А., Цивинская Т. А. Анализ применения средств оценки массового расхода в энергосберегающих системах // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах. Тезисы докладов 2-й Международной конференции с элементами научной школы. 2015. — С. 63–65.
22. Сергеева Н. А., Цивинская Т. А., Шахнов В. А. Контрольно-измерительные МЭМС с использованием малогабаритных чувствительных элементов из монокристаллического кремния для аэрокосмической отрасли // Датчики и системы. 2016. № 3 (201). — С. 32–39.
23. Andreev K. A., Vlasov A. I., Shakhnov V. A. Silicon Pressure Transmitters with Overload Protection // Automation and Remote Control. 2016. Т. 77. № 7. — С. 1281–1285.
24. Власов А. И., Новиков П. В., Ривкин А. М. Особенности планирования воздушного движения с использованием синоптических карт, построенных с применением технологий BIG DATA // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2015. № 6 (105). — С. 46–62.
2. Aminev D. A., Golovinov E. E. *Innovative Approach to Carrying Out Field Experiments* // Quality. Innovation. Education. — Moscow: 2015. No. 1. P. 26–30.
3. Alipatov M. V., Kudrinskaya T. V., Pestov D. A., Popov I. B. *Information-measuring Complex for Monitoring the Electrical State of the Surface Layer of the Atmosphere*. (In Russian).
4. Kozyreva L. V., Sitdikova Yu. R., Efimov A. E., Dobrokhotoy A. V. *Methodology for Assessing the Biological Water Consumption of Crops for Solving Water Management Problems*. (In Russian).
5. Kai Inha, Pauli Nylander. *Method for Connecting a Weather Station to a Mobile Phone Network*. EU patent No. EP0690639A2, January 3, 1996.
6. Fred J. Bartoli. *Weather Station Device*. US patent No. US5509295A, April 23, 1996.
7. John S. Baer, Stephen K. Bohrer, Michael A. Vietti. *Wireless Weather Station*. US patent No. US5920827A, July 6, 1999.
8. Aminev D. A., Uvaysov S. U. *Algorithm for the Distribution of the Capacity of Signal Recording Systems from Multiple Sensors* // Sensors and systems. — Moscow: 2012. Issue 5. P. 26–29. (In Russian).
9. Gorelikov V. I., Tugayenko V. Yu. *Portable Complex Weather Station*. RU patent No. 2251128C1, April 27, 2003. (In Russian).
10. Aminev D. A., Manokhin A. I., Semenenko A. N., Uvaysov S. U. *Topological Thermal Model of the Pair “Electronic Component-Temperature Sensor”* // Prikaspiysky Journal: Management and High Technologies. — Astrakhan: 2015. No. 1. P. 108–117. (In Russian).
11. Raymond Chan. *Weather Station Apparatus*. EU patent No. EP1724612A1, November 22, 2006.
12. Gorelikov V. I., Tugayenko V. Yu. *Automatic Weather Post*. RU patent No. 2295741C, March 20, 2007. (In Russian).
13. Raymond Chan. *Weather Station*. US patent No. US20070030425A1, February 2, 2007.
14. Raymond Chan, Kin Wing Ho. *Natural Weather Station*. US patent No. US20090265108A1, October 22, 2009.
15. Gary A. Fisher. *Pocket Weather Station*. WIPO patent No. WO2009015370A1, January 29, 2009.
16. Rolf W. Haupt, Fritz Schaffel. *Weather Station*. US patent No. USRE42057E1, 25.01.2011.
17. Strebkov D. S., Dorzhiev S. S., Bazarova Ye. G. *A Network of Autonomous Environmental Monitoring Posts*. RU patent No. 2472186C2, January 10, 2013. (In Russian).
18. Gorelikov V. I., Tugayenko V. Yu. *Portable Complex Weather Station*. RU patent No. 2486471C1, April 27, 2005. (In Russian).
19. Thomas H. Runge. *Irrigation Controller with Weather Station*. US patent No. US9301460B2, April 5, 2016.
20. Nesterov Yu. I., Vlasov A. I., Pershin B. N. *Virtual Measuring System* // Sensors and Systems. 2000. № 4. P. 12–22. (In Russian).
21. Vlasov A. I., Zhuravleva L. V., Sergeeva N. A., Tsivinskaya T. A. *Analysis of the Application of Mass Flow Estimation Tools in Energy-saving Systems* // Actual Problems of Energy Saving and Energy Efficiency in Technical Systems. Abstracts of the 2nd International Conference with Elements of a Scientific School. 2015. P. 63–65. (In Russian).
22. Sergeeva N. A., Tsivinskaya T. A., Shakhnov V. A. *Control and Measuring MEMS with the Use of Small-sized Sensitive Elements from Monocrystalline Silicon for the Aerospace Industry* // Sensors and Systems. 2016. No. 3 (201). P. 32–39. (In Russian).
23. Andreev K. A., Vlasov A. I., Shakhnov V. A. *Silicon Pressure Transmitters with Overload Protection* // Automation and Remote Control. 2016. Т. 77. № 7. P. 1281–1285.
24. Vlasov A. I., Novikov P. V., Rivkin A. M. *Features of Air Traffic Planning Using Synoptic Charts Built Using BIG DATA Technologies* // Vestnik of the Bauman Moscow State Technical University. Series: Instrument Making. 2015. No. 6 (105). P. 46–62. (In Russian).