

УДК 004.383 + 004.896 + 004.75

**А.Я. Аноприенко** (канд. техн. наук, проф.), **Р.Л. Варзар** (аспірант)  
Донецкий национальный технический университет,  
Кафедра компьютерной инженерии  
[vrxfil@mail.ru](mailto:vrxfil@mail.ru), [anoprien@gmail.com](mailto:anoprien@gmail.com)

## **СУПЕРСЕНСОРНЫЙ КОМПЬЮТИНГ В ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ МЕТЕОПРОГНОЗОВ**

Рассматривается концепция суперсенсорного компьютера, интеллектуальной суперсенсорной сети и возможности применения суперсенсорных систем для наблюдения и прогнозирования погоды. Предлагается конструкция прототипа микрометеостанции, основанной на архитектуре суперсенсорного компьютера. Рассматривается возможность создания масштабной интеллектуальной сенсорной сети на базе микрометеостанций с возможностью распределенных вычислений для прогнозирования погоды. Приводится экономическое обоснование целесообразности создания такой сети.

**Ключевые слова:** суперсенсорный компьютер, интеллектуальная суперсенсорная сеть, микрометеостанция, распределенные вычисления, прогнозирование погоды.

### ***Введение***

Наблюдение за погодой и климатом с целью их прогнозирования всегда было актуальной задачей, от успешного решения которой зависят сельское хозяйство, промышленность, авиационный, морской и космический транспорт, а также – в той или иной степени планы практического каждого человека.

Интенсивное развитие технологий и вычислительной техники сегодня привело к тому, что соответствующие службы могут формировать как краткосрочные, так и долгосрочные прогнозы с постоянно растущей достоверностью. Современные системы наблюдения и прогнозирования погоды и климата состоят из метеорологических спутников, наземных станций, зондов, самолетов, суперкомпьютеров и пр. Но все они имеют общие и достаточно серьезные недостатки:

- 1) Высокая стоимость оборудования, необходимость в высококвалифицированном персонале – это зачастую приводит к росту цены на более/менее достоверный прогноз погоды до такого уровня, который себе могут позволить только, например, крупнейшие авиакомпании и/или космические агентства.

- 2) Многие метеорологические системы, находящиеся на разных континентах, в разных странах и даже городах одной страны часто не соединены в единую сеть и поэтому сложно вообще построить прогноз погоды или даже проанализировать данные, не имея перед собой полной картины происходящего в мире.

### ***Суперсенсорная сеть микрометеостанций***

На сегодняшний день широкое распространение различных мобильных устройств, имеющих подключение к Интернет (с 2011 года их количество уже превысило миллиардный порог), и различных интеллектуальных датчиков и регуляторов, создало уникальные условия для организации «всепроникающего» контроля за параметрами окружающей среды.

Эффективно способствовать решению вышеописанных проблем в современных условиях могла бы масштабная интеллектуальная беспроводная **суперсенсорная сеть (ССС)** малогабаритных, мобильных и недорогих систем – **микрометеостанций (ММС)** для наблюдения за погодой и прогнозирования ее изменений, которые можно рассматривать как специальную разновидность суперсенсорных компьютеров.

Концепция **суперсенсорного компьютера (ССК)** и **суперсенсорной сети (ССС)** была впервые сформулирована авторами в 2012 году [1] и явилась результатом поиска дальнейших путей эффективного развития современных средств компьютеринга [2-4]. Данное направление является продолжением и развитием разработок и исследований в области компьютерных систем мониторинга [5-8], а также – в области информационно-моделирующих сред [9-14], ведущихся на факультете компьютерных наук и технологий (КНТ) Донецкого национального технического университета (ДонНТУ).

### ***Реализация прототипов суперсенсорного компьютера (ССК) и микрометеостанции (ММС)***

С целью практической реализации **ССК**, было разработано несколько экспериментальных образцов, которые обладают следующими преимуществами: компактность, низкая стоимость и большое количество измеряемых параметров с приемлемой точностью.

Прототипы **суперсенсорного компьютера** имеют несколько интерфейсов для обмена данными с другими устройствами и центральным сервером: USB, RS-232, Bluetooth. Они содержат также встроенную энергонезависимую память, часы реального времени и позволяют подключать внешние накопители информации, такие как карты памяти.

Питание ССК осуществляется от встроенного литий-полимерного аккумулятора или порта USB. На рисунке 1 приведена структурная блок-схема аппаратной архитектуры суперсенсорного компьютера, а на рисунке 2 – электрическая принципиальная схема одного из прототипов суперсенсорного компьютера.

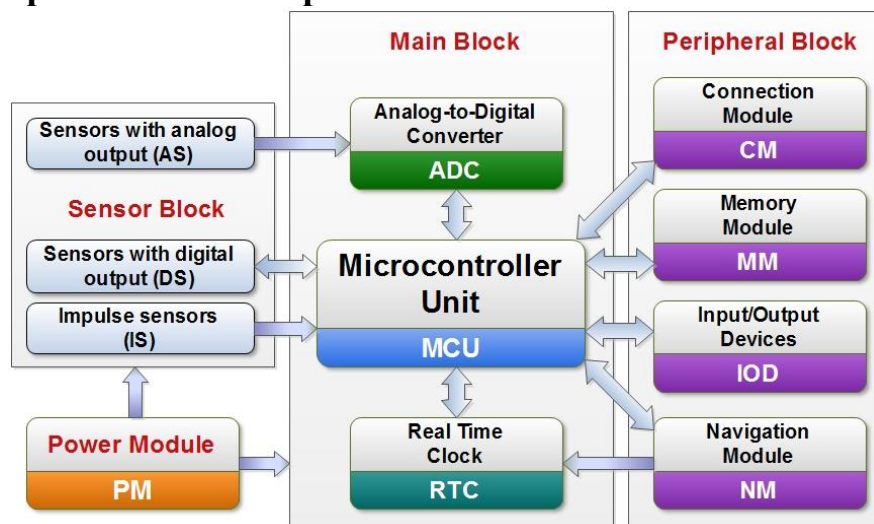


Рисунок 1 – Архитектура экспериментального прототипа суперсенсорного компьютера

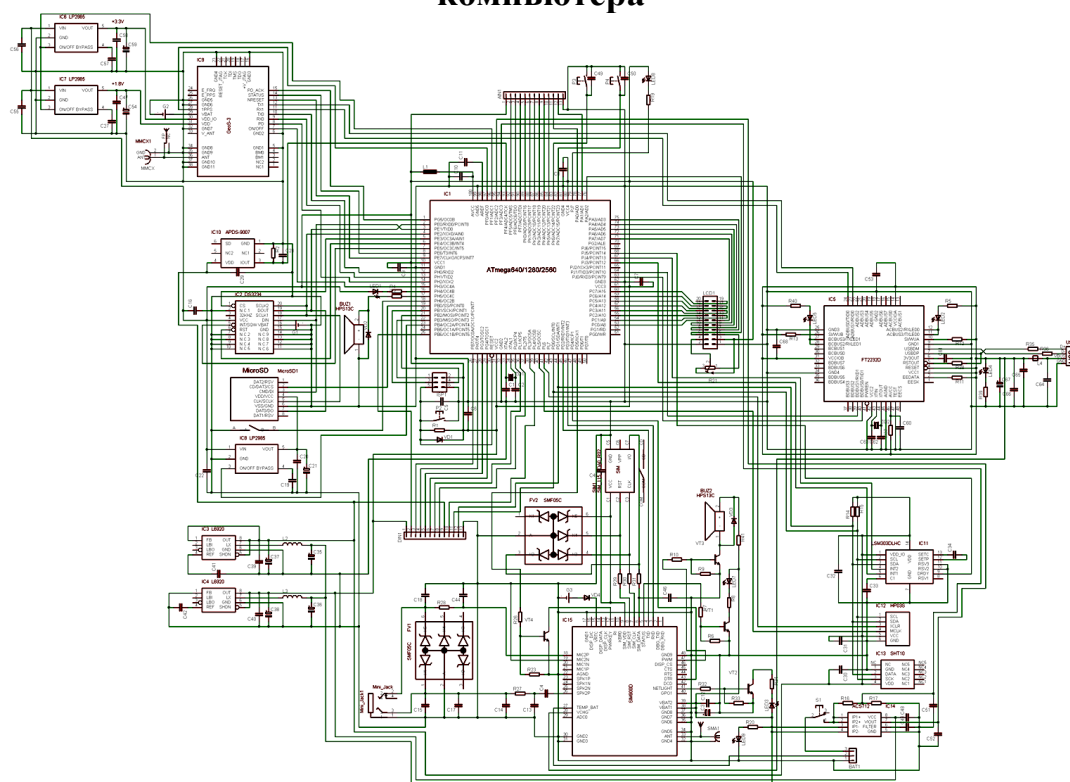


Рисунок 2 – Электрическая принципиальная схема одного из прототипов суперсенсорного компьютера

В ближайшем будущем планируется оснастить **суперсенсорный компьютер** преобразователями биологических потенциалов для регистрации ЭКГ и ЭЭГ, а также датчиками температуры тела, пульса, артериального давления, ФКГ и ВКГ.

**Микрометеостанция (ММС)** – это специализированная версия **суперсенсорного компьютера**, предназначенная для измерения таких параметров окружающей среды, как температура, относительная влажность, атмосферное давление, скорость и направление ветра, уровень осадков и т. д. Предполагается использовать следующие виды комплектаций **ММС**:

- 1) Портативная версия для городских условий с минимальным набором датчиков и периферийных устройств (**ММС1**). Состоит из микроконтроллера, датчиков температуры, относительной влажности и атмосферного давления, интерфейса Bluetooth и аккумулятора. Все данные с датчиков передаются в мобильный телефон или смартфон, на котором установлено программное обеспечение, которое обрабатывает полученные данные, добавляет к ним координаты GPS, который встроен практически в любой современный мобильный терминал и передает данные на центральный сервер.
- 2) Портативная версия для городских условий с **рекомендуемым** набором датчиков и **рекомендуемым** набором периферийных устройств (**ММС2**). В отличие от **ММС1**, содержит также датчики электромагнитных полей, радиации и акустического шума. Из периферийных устройств добавлен интерфейс Wi-Fi, спутниковая навигация GPS/GLONASS и увеличено количество внутренней памяти. **ММС2** может самостоятельно без дополнительных устройств находить точки доступа Wi-Fi и автоматически передавать всю информацию на центральный сервер.
- 3) Портативная версия **ММС3** отличается наличием GSM модуля и предназначена для работы во внегородских условиях, где отсутствуют высокоскоростные точки доступа в Интернет, но есть возможность установить соединение GPRS/EDGE/3G/4G, т. е. практически в любой точке мира.
- 4) Портативная версия **ММС4** предназначена для установки на домашних животных, имеющих возможность свободно перемещаться по местности. Она отличается особой компактностью, специфическим набором датчиков и кроме функции мониторинга окружающей среды позволяет следить за домашним питомцем. Кроме этого в комплектацию **ММС4** может быть добавлена

відеокамера, которая при нестандартных показателях датчиков будет фиксировать место, где они были измерены.

- 5) Стационарная версия **ММС5** отличается от предыдущих наличием дополнительного набора периферийных устройств, средств связи и полным набором сенсорных устройств и датчиков, таких как детекторы ионизирующих излучений, датчики солнечной радиации и УФ излучения Солнца, сейсмодатчики, анализаторы вредных веществ в атмосфере, датчики осадков и скорости и направления ветра, влажности почвы и листьев.

На рисунке 3 приведена структурная блок-схема аппаратной архитектуры микрометеостанций **ММС1, ММС2, ММС3, ММС4**, а на рисунке 4 – микрометеостанции **ММС5**.

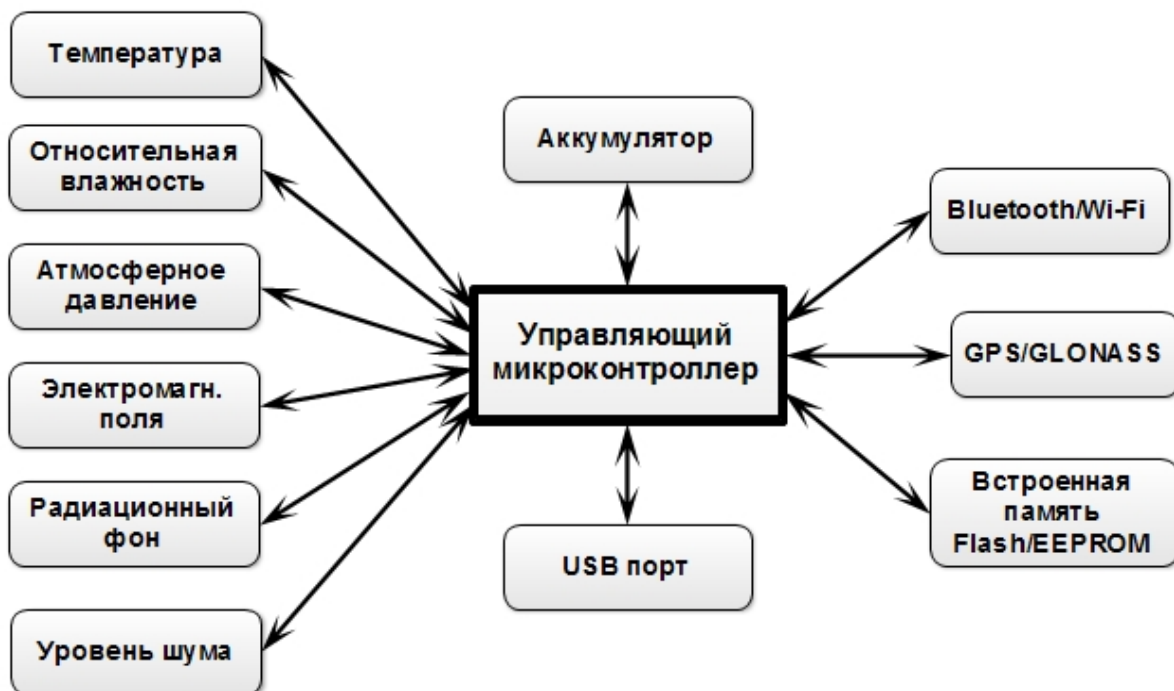


Рисунок 3 – Аппаратная архитектура микрометеостанций **ММС1, ММС2, ММС3 и ММС4**

### ***Реализация прототипа суперсенсорной сети (ССС) для микрометеостанций (ММС)***

Современные достижения в области прогноза погоды [15-16] и интеллектуальных датчиков [17-20] позволяют предложить концепцию микрометеостанций, на основе которых может быть сформирована специальная суперсенсорная сеть, позволяющая обеспечить сбор метеоинформации, необходимой для уточнения погодных прогнозов.

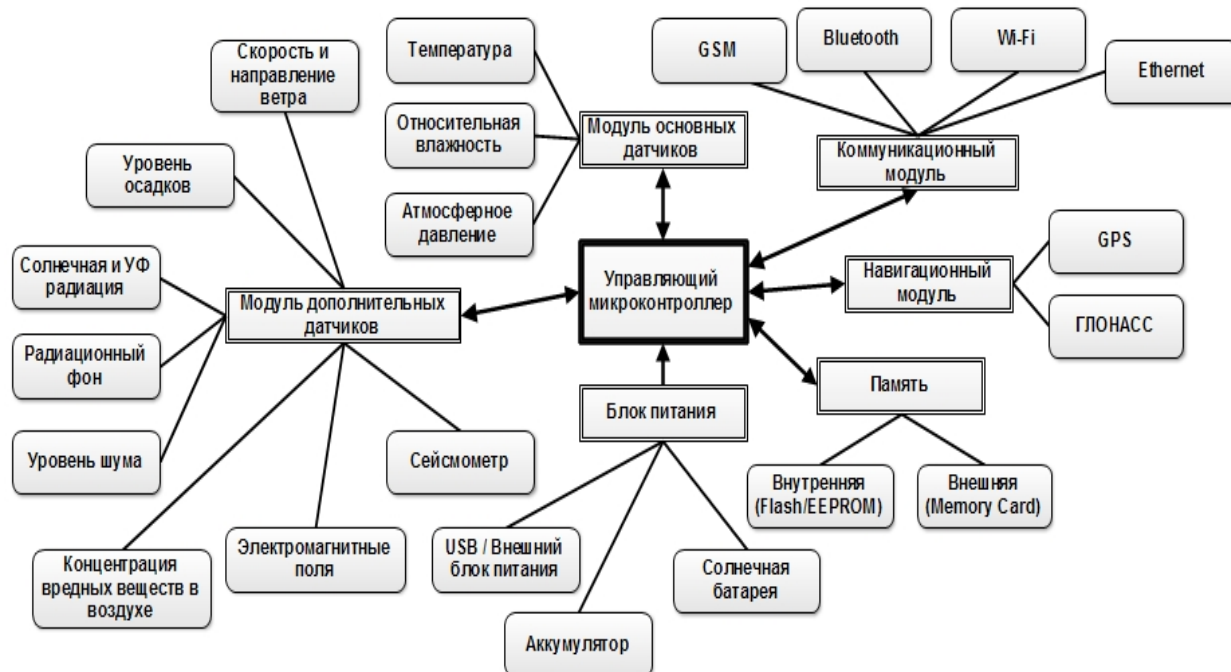


Рисунок 4 – Аппаратная архитектура микрометеостанции ММС5

Как было сказано выше, **суперсенсорная сеть** – это самоконфигурируемая беспроводная сеть, состоящая из **суперсенсорных компьютеров** и других сенсорных устройств (**микрометеостанций**). Все **микрометеостанции** предполагается объединить в единую сеть устройств с центральным сервером, т. е. использовать клиент-серверную архитектуру.

**Суперсенсорный компьютер (ССК)** или **микрометеостанция (ММС)** состоит из датчиков, периферийных устройств, блока питания и процессора. Для получения данных с датчиков и обмена информацией с сервером используется не более **10% системных ресурсов процессора**. Остальные 90% процессора можно задействовать для решения задач прогнозирования метеорологических параметров!

Авторами предлагается вариант **распределенной вычислительной клиент-серверной архитектуры (РВКСА)**, в которой основные вычисления производят сами же **микрометеостанции**! Сервер будет выполнять только следующие функции:

- 1) Сбор данных с удаленных **микрометеостанций**.
- 2) Сортировка и архивирование полученных данных.
- 3) Предоставления доступа к информации с **ММС**.
- 4) Распараллеливание алгоритмов прогнозирования изменения метеорологических параметров.



- 5) Распределение отдельных частей данных для обработки между удаленными ММС.
- 6) Сбор обработанных данных с удаленных ММС.
- 7) Составление прогноза изменения метеопараметров на основе полученных вычислений.

На рисунке 5 приведена архитектура РВКСА. ММС1 – ММС5 – микрометеостанции по типам, описанным выше. Связь с сервером двусторонняя. Алгоритм работы следующий:

- 1) ММС измеряет метеопараметры и отправляет их на сервер.
- 2) Сервер накапливает в БД полученные данные.
- 3) Сервер создает задание и отправляет ММС.
- 4) ММС производит вычисления и отправляет результат серверу.
- 5) Сервер собирает всю полученную информацию и выдает прогноз.

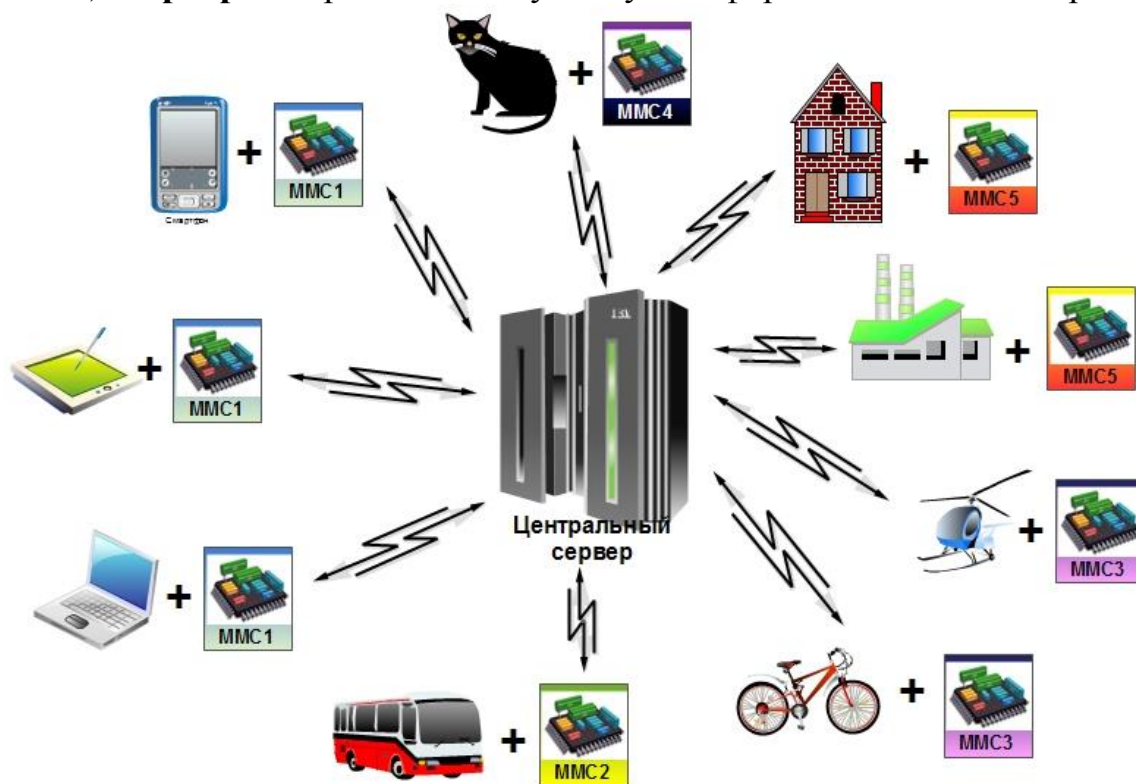


Рисунок 5 – Архитектура распределенной вычислительной клиент-серверной сети микрометеостанций

### Основные параметры и экономический расчет для микрометеостанций с минимальной комплектацией (ММС1)

В таблицах 1-3 приведены основные параметры различных вариантов реализации микрометестанций.

Таблица 1 – Основные параметры **микрометеостанции** с несертифицированными датчиками широкого применения

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Погрешность
Температура	- 40 ... + 85 °С	± 3.0 °С
Относительная влажность	20 ... 90 %RH	± 5.0 %RH
Атмосферное давление	500 ... 1100 гПа	± 4.0 гПа

Таблица 2 – Основные параметры **микрометеостанции** с сертифицированными профессиональными датчиками

Измеряемый параметр	Диапазон измерения	Погрешность
Температура	- 40 ... + 123.8 °С	± 0.3 °С
Относительная влажность	0 ... 100 %RH	± 2.0 %RH
Атмосферное давление	300 ... 1100 гПа	± 1.5 гПа

Таблица 3 – Приблизительная стоимость комплектаций **микрометеостанции** с дешевыми и дорогими профессиональными компонентами и датчиками

Электронный компонент	Широкого применения	Профессиональный
Датчик влажности/температуры	2.24 \$	36.73 \$
Датчик давления/температуры	3.47 \$	12.77 \$
Микроконтроллер	5.15 \$	5.94 \$
Bluetooth-модуль	8.40 \$	22.40 \$
Энергонезависимая память	0.00 \$	5.60 \$
<b>Итого</b>	<b>19.26 \$</b>	<b>83.44 \$</b>

В таблице 3 отсутствуют данные по стоимости корпуса, печатной платы, источника питания и услуг по изготовлению, поскольку они для обеих комплектаций имеют фиксированную стоимость.

Из данных в таблицах 1-3 видно, что при замене датчиков, у которых точность на несколько процентов выше, ведет к изменению цены устройства почти в **4 раза**.

Поскольку стоит задача создания **масштабной интеллектуальной сети микрометеостанций**, то экономически целесообразно будет использовать датчики и компоненты широкого применения, поскольку в большинстве задач не требуется высокая точность измерений.



Также стоит заметить, что погрешности измерения датчиков указаны для всего диапазона измерений, а, как правило, изменения метеопараметров лежат в более узких диапазонах, в которых и погрешность в несколько раз ниже, что также является преимуществом в использовании дешевых датчиков и компонентов.

На рисунке 6 приведена фотография реального прототипа **суперсенсорного компьютера**, который по комплектации совпадает с **микрометеостанцией ММС3**.

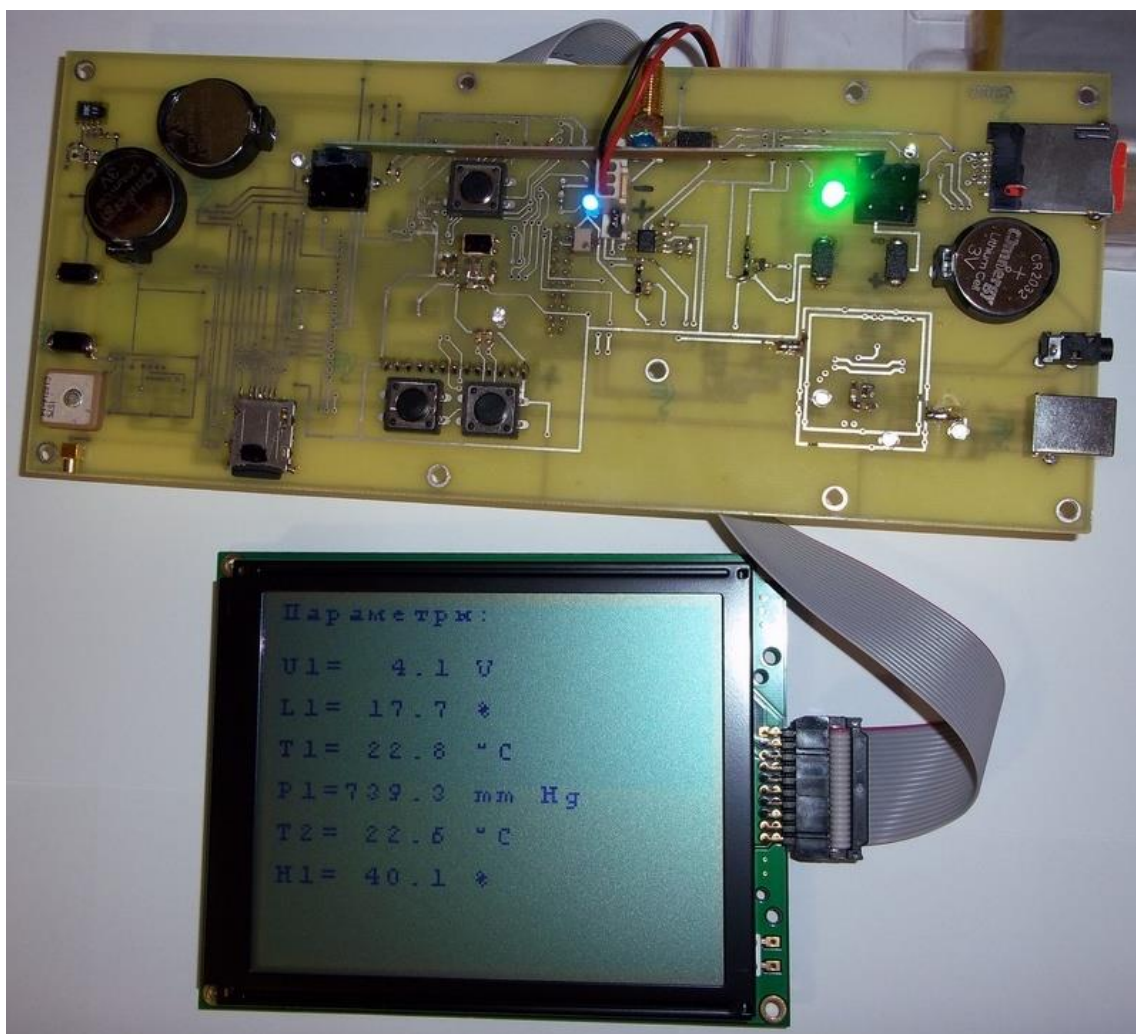


Рисунок 6 – Работающий прототип **суперсенсорного компьютера** и **микрометеостанции ММС3**

### **Выводы**

Дальнейшие исследования и разработки будут направлены на решение следующих задач:

1. Разработка прототипов **микрометеостанций**.

2. Разработка программного обеспечения для **микрометеостанций**.
3. Разработка программного обеспечения для **сервера**.
4. Поиск алгоритмов для прогнозирования изменения метеорологических параметров, которые поддаются **распараллеливанию** и разработка ПО для их реализации.
5. Разработка технико-экономических предложений для мелкосерийного и крупносерийного производства **микрометеостанций** разной комплектации.

### **Список использованной литературы**

1. Anopriyenko A., Varzar R. Intelligent supersensory computer network for measurement and analysis of environmental hazards // Informatics, Cybernetics and Computer Science (ICCS-2012). Scientific Papers of Donetsk National Technical University. Volume 14 (204). Donetsk, 2012. P. 6-14.
2. Varzar R., Anopriyenko A. Supersensory computers for measurement and analysis of biologically dangerous factors of environment / Theoretical and Applied Aspects of Cybernetics - 2012 / Proceedings of the 2nd International Scientific Conference of Students and Young Scientists - Kyiv: "Bukrek", Taras Shevchenko national university of Kiev - 2012, P. 186-191.
3. Varzar R.L., Anopriyenko O.Ya. Postbinary Supersensory Computer: Information Storage and Computing in View of the Measurement Accuracy / Theoretical and Applied Aspects of Cybernetics - 2013 / Proceedings of the 3rd International Scientific Conference. - Kyiv: "Bukrek", Taras Shevchenko national university of Kiev - 2013, P. 64-68.
4. Varzar R., Anopriyenko A. Supersensory computer: idea and architecture // Proceedings of the XIII International Conference on Applied Physics, 12-15 June 2013, Taras Shevchenko national university of Kiev. 2013. P. 230-231.
5. Варзар Р.Л. Разработка и применение систем беспроводной связи для измерения параметров атмосферы / Р.Л. Варзар, А.Ю. Харитонов // Комп'ютерний моніторинг та інформаційні технології – 2009: збірка матеріалів п'ятої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – С. 124.
6. Варзар Р.Л. Суперсенсорный компьютер для измерения и анализа параметров окружающей среды / Р.Л. Варзар, А.Я. Аноприенко // Информатика и компьютерные технологии: сборник трудов VIII международной научно-технической конференции, (18-19 сентября 2012 г.): в 2. Т. – Донецк: ДонНТУ. – 2012. – Т. 2. – С. 156-161.
7. Аноприенко А.Я. Разработка прототипа суперсенсорного компьютера: особенности реализации и визуализации результатов измерений / А.Я. Аноприенко, Р.Л. Варзар // Материалы пятой международной научно-технической конференции [«Моделирование и компьютерная графика»], (24-27 сентября 2013 г.). – Донецк: ДонНТУ, 2013. - С. 218-229.
8. Варзар Р.Л. Аппаратная архитектура сенсорного модуля суперсенсорного компьютера и его параметры / Р.Л. Варзар, А.Я. Аноприенко // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг (ІУСКМ - 2013): Збірка матеріалів IV Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, (24-25 квітня 2013 р.): в 2-х т. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. - Т. 1. - С. 720-728.

9. Аноприенко А. Я. Универсальные моделирующие среды / А. Я. Аноприенко, В. А. Святный // Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. – 1996. – Вып. 1. – С. 8-23.
10. Аноприенко А. Я. Высокопроизводительные информационно-моделирующие среды для исследования, разработки и сопровождения сложных динамических систем / А. Я. Аноприенко, В. А. Святный // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем». — 2001. – Выпуск 29. – С. 346-367.
11. Особливості реалізації розподіленого моделюючого середовища для дослідження складних динамічних процесів / О.Я. Анопрієнко, Х. Абабнех, С.В. Забровський, В.О. Малихін // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2006). - Донецк: ДонНТУ, 2006. - Выпуск 5 (116). - С. 190-198.
12. Аноприенко А.Я. Будущее компьютерных технологий в контексте технической и кодо-логической эволюции / А.Я. Аноприенко // Вестник Инженерной Академии Украины. Теоретический и научно-практический журнал Инженерной Академии Украины. - 2011. - Выпуск 3-4. - С. 108-113.
13. Аноприенко А.Я. Модели эволюции компьютерных систем и средств компьютерного моделирования / А.Я. Аноприенко // Материалы пятой международной научно-технической конференции [«Моделирование и компьютерная графика»], (24-27 сентября 2013 г.). – Донецк: ДонНТУ, 2013. - С. 403-423.
14. Anoprijenko A., John S., Al-Ababneh H. Simulation Tools and Services for Mobile Users: History, State-of-the-art and Future // Proceedings of the International Conference & Workshop on 3G GSM & Mobile Computing: An Emerging Growth Engine for National Development, 29-31 January, 2007. — College of Science and Technology, Covenant University, Cnaan Land, Ota, Nigeria. 2007. P. 9-20.
15. Lynch P. The origins of computer weather prediction and climate modeling. / Meteorology and Climate Centre, School of Mathematical Sciences, University College Dublin // Journal of Computational Physics. – Belfield, Ireland: ELSEVIER, 2007. – P. 3431-3444.
16. Богаткин О. Г. Авиационные прогнозы погоды / О. Г. Богаткин. - [2-е изд., стереотипное]. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 288 с.
17. Каргин А.А. Введение в интеллектуальные машины / А.А. Каргин. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – – Кн.1: Интеллектуальные регуляторы. - 2010. – 526 с.
18. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
19. Джексон Р. Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон. – Москва: Техносфера, 2007. – 384 с.
20. Болл Стюарт Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / Р. Болл Стюарт. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 360 с.: ил. (Серия «Программируемые системы»).

*Надійшла до редакції 28.11.2013*

*Рецензент: канд. техн. наук, доц. Завадська Т.В.*

**Р.Л. Варзар, О.Я. Анопрієнко**

Донецький національний технічний університет

**Суперсенсорний комп'ютинг у підвищенні точності метеопрогнозів.** Розглядається концепція суперсенсорного комп'ютера, інтелектуальної суперсенсорної мережі та можливості застосування суперсенсорних систем для спостереження та прогнозування погоди. Пропонується конструкція прототипу мікрометеостанції, заснованої на архітектурі суперсенсорного комп'ютера. Розглядається можливість створення масштабної інтелектуальної сенсорної мережі на базі мікрометеостанцій з можливістю розподілених обчислень для прогнозування погоди. Наводиться економічне обґрунтування доцільності створення такої мережі.

**Ключові слова:** суперсенсорний комп'ютинг, інтелектуальна суперсенсорна мережа, мікрометеостанції, розподілені обчислення, прогнозування погоди.

**R. Varzar , O. Anopriyenko**

Donetsk National Technical University

**Supersensory computing in improving the accuracy of weather forecasts.** Great variety of mobile devices with Internet connectivity and a variety of smart sensors has created a unique environment for the organization of "pervasive" control of environmental parameters. Proposed in this article micrometeorostations (MMS) – compact, mobile and inexpensive systems integrated in intelligent wireless supersensory networks is an effective solution for modern weather monitoring and forecasting.

Supersensory computer (SSC) and supersensory networks (SSN) were first formulated by the authors in 2012 and were the result of the search for further ways of effective development of modern computing. The idea of micrometeorostations is a direct development of this concept. Micrometeorostation is a specialized version of supersensory computer designed for the measurement of environmental parameters such as temperature, relative humidity, barometric pressure, wind speed and direction, rainfall, etc.

The following configurations of MMS can be offered:

MMS1 – portable version for the urban environment with a minimal set of sensors and peripheral devices.

MMS2 – portable version for the urban environment with a recommended set of sensors and peripherals.

MMS3 – portable version characterized by the presence of the GSM module and designed to work in non-urban settings where there are no high-speed Internet access points.

MMS4 – portable version is intended for installation on domestic animals, having the ability to move freely around the area.

MMS5 - desktop version which differs from the previous by the presence of an additional set of peripherals, communications equipment and a full set of sensor devices.

Architecture, basic parameters and economic calculations for different versions of micrometeorostations are described.

**Keywords:** supersensory computing, supersensory intelligent network, micrometeorostations, distributed computing, weather forecasting.

---

**Как ссылаться на данную статью:**

Аноприенко О.Я., Варзар Р. Суперсенсорный компьютер в повышении точности метеопрогнозов // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования» (МАП-2013). Выпуск № 1 (12) – 2 (13): Донецк: ДонНТУ, — 2013. С. 189–202.