

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 614.8.01

DOI 10.21685/2307-5538-2020-3-1

В. В. Шерстнев, Д. С. Белик, О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ТЕХНОСФЕРЫ И ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

V. V. Sherstnev, D. S. Belik, O. E. Bezborodova, O. N. Bodin

IMPROVEMENT OF MONITORING OF TERRITORIAL TECHNOSPHERE AND CARRYING OUT OF SEARCH AND RESCUE WORKS

А н н о т а ц и я. *Актуальность и цели.* Усложнение технических систем, применяемых в производстве, ведет к увеличению количества техногенных аварий и катастроф, следствием которых является разрушение зданий и сооружений, а также большое количество человеческих жертв. Техническая база проведения экологического мониторинга и поисково-спасательных работ создавалась в 90-х гг. XX в. и на сегодняшний день устарела. **Материалы и методы.** Используются методы математического и имитационного моделирования при создании аппаратно-программного комплекса нового поколения. Применено имитационное моделирование для анализа структурных схем интеллектуальных систем мониторинга и контроля. **Результаты.** Обосновано использование беспилотных воздушных судов для мониторинга территориальной техносферы для обеспечения техносферной безопасности в нормальном режиме и чрезвычайных ситуациях. Разработанный алгоритм использования беспилотного воздушного судна обеспечивает оперативность и своевременность сбора и представления информации при мониторинге территориальной техносферы и минимизации уровней поражающих факторов в зоне чрезвычайной ситуации. **Выводы.** Предлагаемый аппаратно-программный комплекс обеспечения экологического благополучия человека благодаря использованию специально оборудованных беспилотных воздушных судов позволит лицам, принимающим решения, получать достоверную оперативную измерительную информацию и формировать с использованием подсистемы поддержки принятия решений эффективные управляющие воздействия.

A b s t r a c t. *Background.* The complexity of technical systems used in production leads to an increase in the number of man-made accidents and catastrophes, which result in the destruction of buildings and structures, as well as a large number of human victims. The technical base for environmental monitoring and search and rescue operations was created in the 90s of the 20th century and is now outdated. **Materials and methods.** Methods of mathematical and simulation modeling were used to create a new generation of hardware and software complex. Simulation modeling is applied to analyze the structural schemes of intelligent monitoring and control systems. **Results.** The use of unmanned aircraft for monitoring the territorial techno-

sphere to ensure technosphere safety in normal mode and in emergency situations is justified. The developed algorithm for using an unmanned aircraft ensures the efficiency and timeliness of collecting and presenting information when monitoring the territorial technosphere and minimizing the levels of damaging factors in the emergency zone. **Conclusions.** The proposed hardware and software complex for ensuring human environmental well-being, thanks to the use of specially equipped UAVs, will allow the LPR to obtain reliable operational measurement information and form effective control actions using the decision support subsystem.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экологическое благополучие человека, поисково-спасательные работы, беспилотное воздушное судно, датчик.

К e y w o r d s: human environmental well-being, search and rescue, unmanned aircraft, sensor.

Актуальность

Проблема экологической безопасности в РФ является очевидной. Окружающая среда в городах и на прилегающих к ним территориях, где проживает 74 % населения страны, подвергается существенному негативному воздействию, источниками которого являются промышленность, энергетика, транспорт и коммунальные объекты.

В соответствии со «Стратегией экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [1] проблемы экологической безопасности связывают с глобальными, внутренними и внешними угрозами. Воздействию этих угроз подвержены биосфера и жизненно важные интересы человека. Проявляются эти угрозы в форме техногенных аварий, природных катастроф, изменения климата, роста потребления природных ресурсов при сокращении их запасов и пр.

Для предотвращения реализации этих угроз необходимо совершенствование системы мониторинга территориальной техносферы (ТТ) и повышение технического потенциала и оснащенности сил, участвующих в мероприятиях по предотвращению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера.

Таким образом, необходимость совершенствования систем мониторинга ТТ и способов проведения поисково-спасательных работ (ПСР) является актуальной и все достижения науки должны применяться для обеспечения безопасности ТТ в нормальном режиме и в ЧС.

Постановка проблемы

При проведении мониторинга ТТ важным является получение оперативной и достоверной информации о постоянно изменяющемся состоянии источников загрязняющих веществ (ЗВ). Отличительной особенностью существующих систем мониторинга ТТ является их многочисленность и сосредоточенность стационарно установленных датчиков вокруг объектов ТТ, являющихся источниками загрязнения окружающей среды [2, 3]. Распространение ЗВ на остальной территории постоянно не контролируется.

Кроме этого, все системы мониторинга ТТ являются локальными, так как они создавались без учета возможности связаться с другими аналогичными системами для анализа и сравнения и могут использовать только «свою» информацию, что не позволяет в полном объеме оценить ситуацию в исследуемом районе. Сфера действия мобильных датчиков, расположенных на автомобилях [4], ограничена районами безопасного нахождения персонала, управляющего ими. Что так же влияет на полноту и достоверность представляемой информации.

Техническая база проведения поисково-спасательных работ, создавалась в 90-х гг. XX в. и на сегодняшний день устарела. Это видно из анализа проведенного авторами в [5]. По результатам анализа можно сделать вывод о том, что все традиционные методы имеют недостатки и ограничения в использовании, связанные, прежде всего, с погодными условиями и временем суток, из-за которых можно упустить много важных деталей при проведении ПСР. Погодные условия – наиболее значимый недостаток, потому что почти все традиционные методы теряют свои достоинства в плохую погоду, что приводит к пагубным последствиям.

Следующий важный недостаток – это время проведения ПСР. Большинство ЧС требуют от членов поисково-спасательной команды (ПСК) быстрые и точные действия, поэтому время, которое требуется для того, чтобы определиться с планом действий имеет большое значение.

Концепция «Умный город», получившая распространение и реализуемая в отдельных регионах РФ, направлена на объединение в составе единого комплекса программно-технических решений, реализованного с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, ведомственных информационных систем различного назначения для обеспечения комплексной безопасности и экологического благополучия человека (ЭБЧ).

Необходимость совершенствования комплекса программно-технических решений «Умный город» обусловлена обеспечением:

- эффективного управления деятельностью экстренных и оперативных служб;
- ЭБЧ, целями которого являются снижение выбросов, сбросов загрязняющих веществ, минимизация образования отходов, развитие предприятий по использованию отходов в качестве вторичных материальных и/или энергетических ресурсов;
- городского видеонаблюдения;
- эффективного управления транспортными потоками;
- системы городского информирования;
- информационно-картографическое обеспечение.

Результаты

Предлагаемый аппаратно-программный комплекс (АПК) предназначен для обеспечения ЭБЧ и работы в составе комплекса программно-технических решений «Умный город» и может выполнять:

- автоматизированное управление подсистемами контроля, анализа и управления ТТ в нормальной и ЧС;
- оперативное информирование лиц, принимающих решения (ЛПР), о текущем состоянии дел на объектах ТТ;
- поддержку принятия решений и осуществления экстренных мер по недопущению возникновения ЧС (нормализации состояния) и/или проведения ПСР в ЧС.

Предлагаемый АПК обеспечения ЭБЧ разработан с учетом использования информационно-коммуникационных технологий и построен по трехуровневой схеме информационного взаимодействия:

I уровень – сбор и обработка первичной информации о состоянии ТТ и человека в ее составе;

II уровень – оценка полученной информации и принятие на ее основе обоснованных решений;

III уровень – реализация принятых решений.

Структурная схема АПК обеспечения ЭБЧ приведена на рис. 1 [4].

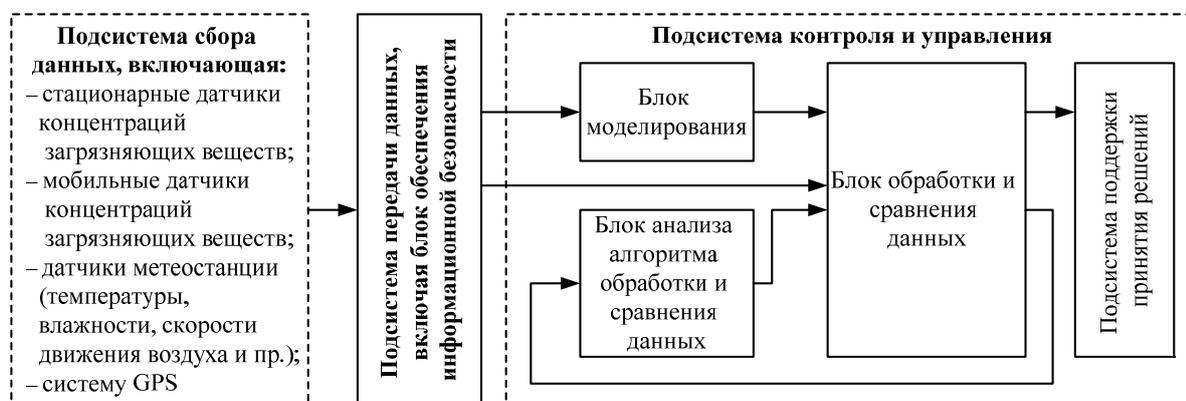


Рис. 1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса обеспечения экологического благополучия человека

АПК обеспечения ЭБЧ предназначен для использования как в нормальном режиме работы техногенных объектов, так и в условиях ЧС. При нормальном (безаварийном) режиме работы проводится постоянный мониторинг состояния ТТ с использованием стационарных и мобильных датчиков подсистемы сбора данных. Стационарные датчики располагают на границах санитарно-защитных зон объектов ТТ, на участках источников выбросов и сбросов, т.е. там, где идет постоянное техногенное воздействие на окружающую среду. Мобильные датчики установлены на специально оборудованных беспилотных воздушных судах (БВС), которые в режиме патрулирования контролируют «проблемные» в данный момент участки ТТ: загруженные транспортом перекрестки, промышленные микрорайоны города.

К выбору и установке датчиков на БВС предъявляют серьезные требования, так как от них зависит достоверность, точность и оперативность получения результатов анализа. Оснащение такими датчиками БВС позволяет обеспечить сбор информации от объектов различной степени сложности и опасности с максимальным снижением риска для человека и повышает их ценность как средства дистанционного аналитического контроля. В работе [6] отмечается, что с учетом полезной нагрузки для использования в качестве носителя пригодны БВС, масса которых составляет от 0,2 до 2 кг.

При выборе для установки на БВС газоаналитических систем необходимо учитывать:

- массу основных блоков анализатора;
- массу аккумуляторной батареи или массу модуля сопряжения с источником питания БВС;
- потребляемую мощность анализатора и его влияние на время полета БВС;
- размещение системы отбора проб;
- средства связи;
- мощность и тип применяемых микропроцессоров.

Для решения задачи по определению концентрации ЗВ в воздухе предложен адсорбционно-кинетический метод обнаружения, идентификации и количественного определения с помощью полупроводниковых газочувствительных элементов, изготовленных на основе диоксида олова, обогащенного сурьмой и легированного металлами-катализаторами *Pd*, *Mn* и *Ag* и включенных в многоканальную мультисенсорную систему.

Полупроводниковые датчики, применяемые для определения ЗВ, состоят из газочувствительного слоя, подложки-диэлектрика и нагревательного элемента. Электрические соединения осуществляются через контактные площадки, изготовленные из золотосодержащей проводящей пасты, соединения выполнены *Au*-проводом диаметром 37 мкм и длиной 2 – 3 мм. На рис. 2 представлены наиболее распространенные газоанализаторы [7].

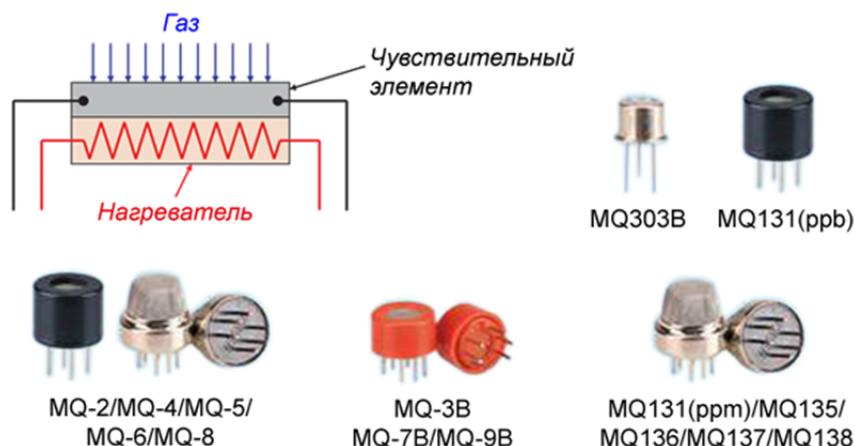


Рис. 2. Полупроводниковые газоанализаторы [7]

На сегодняшний день компания Winsen производит широкий спектр полупроводниковых газоанализаторов общего назначения, с помощью которых можно определять концентрацию большого количества газов.

В табл. 1 приведены характеристики датчиков некоторых газов [7].

Таблица 1

Характеристики датчиков некоторых газов

Наименование	MQ-2 Smoke Sensor	MQ-4 Methane Gas Sensor/ LNG Detection Gas Sensor	MQ-5 LPG Detection Sensor	MQ-6 Propane LPG Flammable Gas Sensor	MQ-8 Hydrogen Sensor
Газ	легковоспламеняющийся газ, дым	метан	сжиженный газ, метан	сжиженный газ	водород
Диапазон измерений, ppm	300...10000	300...10000	300...10000	300...10000	100...1000
Напряжение контура, В	≤ 24				
Напряжение подогревателя, В	5 ± 0,1				
Мощность подогревателя, мВт	≤ 950		≤ 900		
Чувствительность	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C ₃ H ₈) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (5000 ppm CH ₄) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C ₃ H ₈) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (2000 ppm C ₃ H ₈) ≥ 5	Rs (воздух)/Rs (1000 ppm H ₂) ≥ 5
Время прогрева, ч	не менее 48				

Принцип действия полупроводниковых адсорбционных датчиков основан на измерении изменения электропроводности газочувствительного слоя при адсорбции на его поверхность молекул из газовой фазы. При адсорбции молекул на поверхность газочувствительного слоя нарушается равновесное значение тока в зоне проводимости и происходит либо увеличение концентраций носителей заряда (в случае хемосорбции газа-донора), либо снижение их концентрации (в случае хемосорбции газа-акцептора). Изменения концентрации носителей определяют аналитический отклик датчика, который зависит от химического состава аналита и его количества – концентрации.

Электронная схема газоанализатора включает микропроцессор, который обеспечивает нагрев газочувствительного слоя, измерение и обработку первичной информации, расчеты по заданному алгоритму, передачу информации по интерфейсам RS485, USB, I2C, SPI, RS232, сетям Ethernet, WiFi и радиоканалу. На рис. 3 показаны основная плата газоанализатора и возможные интерфейсные решения.

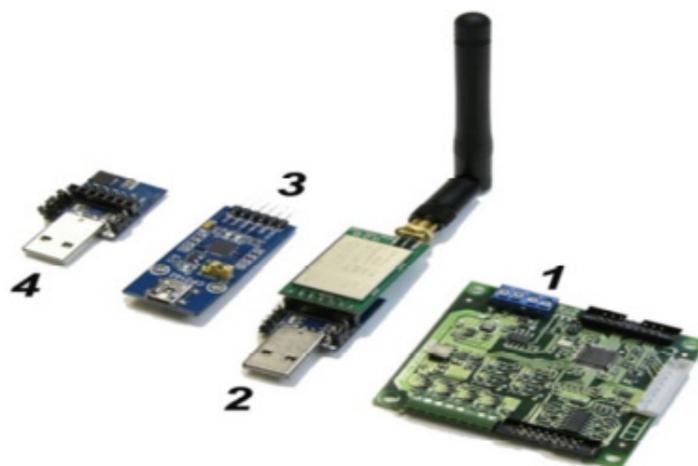


Рис. 3. Общий вид полупроводникового газоанализатора:
1 – плата анализатора; 2 – сопряжение с оператором по радиоканалу;
3 – сопряжение с ПК по RS485; 4 – интерфейс USB-2.0 [6]

Основной характеристикой измерительной системы является погрешность измерения контролируемого параметра (КП). Погрешность измерения отображает величину расхождения между результатом измерения и реальным значением КП. Однако на практике величина погрешности часто не соответствует паспортным данным, а иногда и вовсе неизвестна. Более того, в процессе эксплуатации измерительной системы величина погрешности постоянно меняется. Причинами изменения погрешности могут стать изменение условий эксплуатации (внешние факторы), дрейф физических параметров системы (внутренние факторы), возмущения в каналах связи датчика с регистрирующей аппаратурой, его выход из строя датчика и т.д. В связи с этим разработка соответствующих алгоритмов коррекции погрешностей является актуальной задачей, причем очевидна необходимость построения адаптивных подходов, функционирующих в условиях неопределенности и изменчивости окружающей среды.

В соответствии с работой [8] при измерениях с необходимостью коррекции погрешности измеренную величину можно представить следующим образом:

$$\lambda_j^* = \lambda_j^{**} - \Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^*,$$

где λ_j^* – результат измерения в j -м измерительном эксперименте; $\lambda_j^{**} = L\gamma_j$ – предварительный результат измерения КП с учетом погрешности измерительного канала; γ_j – входное воздействие (носитель информации об измеряемой величине), измененное внешним или внутренним воздействием L ; $\Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^*$ – величина коррекции измеренной величины, определяемая по формуле

$$\Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^* = \Delta_{\text{кор}} \lambda_j^* + \delta_{\text{кор}} \lambda_j^*,$$

при $\Delta_{\text{кор}} \lambda_j^* = 0$ коррекция приводит к изменению полной погрешности $\Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^*$ на величину $\delta_{\text{кор}} \lambda_j^*$. Это приводит к росту среднеквадратического отклонения погрешности, так как полная погрешность может быть определена как сумма корректируемой $\Delta_{\text{кор}} \lambda_j^*$ и некорректируемой $\Delta_{\text{нкор}} \lambda_j^*$ погрешностей по формуле

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_{\text{кор}} \lambda_j^* + \Delta_{\text{нкор}} \lambda_j^*,$$

и получаем значение погрешности без коррекции

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_{\text{нкор}} \lambda_j^*,$$

с коррекцией

$$\Delta \lambda_j^* = \Delta_{\text{нкор}} \lambda_j^* - \delta_{\text{кор}} \lambda_j^*.$$

Воспользовавшись предложенным в работе [8] представлением процедуры адаптивной коррекции погрешности $\Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^* \leq \Delta_{\text{п}}$ ($\Delta_{\text{п}}$ – пороговый уровень $\Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^*$, определяющий границу целесообразности применения коррекции), получаем $\lambda_j^* = L\gamma_j \vee \Delta_{\text{кор}}^* \lambda_j^* > \Delta_{\text{п}}$ и $\lambda_j^* = R_{\text{кор}} L\gamma_j$.

В научной и справочной литературе предлагаются различные подходы к коррекции погрешностей измерений [8]. Наиболее эффективным, с нашей точки зрения, является подход, заключающийся в разработке алгоритмических методов коррекции по математической модели – концепция интеллектуального датчика (ИД) [9]. ИД помимо функции измерения и преобразования параметра выполняет функции самодиагностики, защиты и блокировки, контроля состояния узлов исполнительного механизма и пр. Именно поэтому приборы, выполняющие новые дополнительные функции, принято называть интеллектуальными.

В настоящее время благодаря наличию однокристалльных микроконтроллеров с малым энергопотреблением, встроенными прецизионными аналого-цифровыми преобразователями и энергонезависимой памятью данных, ведущие фирмы перешли от аналоговых методов коррекции погрешности к цифровым. ИД имеет цифровой выход и может обеспечивать передачу

информации о метрологической исправности через интерфейс. При этом обладая вычислительными возможностями, он позволяет осуществлять: автоматическую коррекцию погрешности, появившейся в результате воздействия влияющих величин и/или старения компонентов, самовосстановление при возникновении единичного дефекта в датчике, самообучение. ИД создают техническую основу для установления двух значений межповерочных (межкалибровочных) интервалов (при эксплуатации с использованием функции метрологического самоконтроля и без нее). Таким образом, постоянную коррекцию погрешности $\Delta_{кор}^* \lambda_j^*$ осуществляет ИД.

Все детектируемые данные (концентрации ЗВ, метеорологические данные, координаты мест проведения измерений) в режиме реального времени по различным сетям передачи данных поступают в блок моделирования, где с помощью специального программно-технического комплекса строятся карты полей распространения ЗВ.

Цель моделирования состоит в воспроизведении поведения источников ЗВ на основе накопления поступающих данных, а также анализа комплексного взаимодействия между ними.

Моделирование позволяет имитировать поведение источников ЗВ, реальные эксперименты с которыми дороги, невозможны или опасны. При этом используется компьютерное 3D-моделирование, позволяющее наглядно показать распространение ЗВ по исследуемой территории на карте, разделив ее на участки с различными значениями ЗВ (рис. 4).

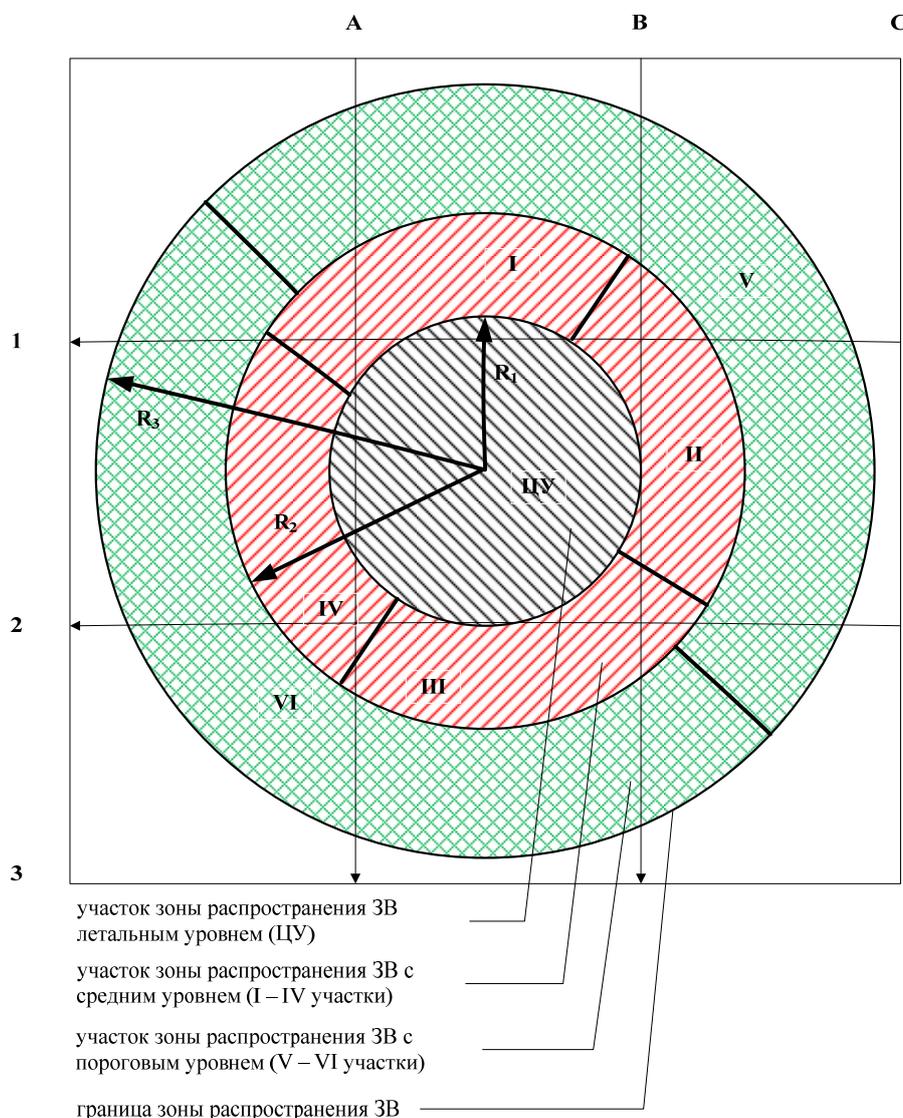


Рис. 4. Деление зоны распространения загрязняющих веществ на участки в зависимости от значений концентрации загрязняющих веществ

Деление зоны распространения ЗВ на участки осуществляется установлением границ на основе отношения измеренных значений концентраций ЗВ к предельно допустимым значениям (ПДЗ).

Каждая зона выделяется отдельной границей, устанавливаемой на определенном уровне. Граница участка зоны распространения ЗВ с летальным уровнем устанавливается в пределах диапазона значений, когда

$$C_{\text{факт}} \gg n\text{ПДЗ}.$$

Граница участка зоны распространения ЗВ со средним уровнем устанавливается в пределах диапазона значений, когда

$$\text{ПДЗ} < C_{\text{факт}} \leq n\text{ПДЗ}.$$

Граница участка зоны распространения ЗВ с пороговым уровнем устанавливается на уровне

$$C_{\text{факт}} = \text{ПДЗ}.$$

Граница участка зоны распространения ЗВ устанавливается на уровне

$$C_{\text{факт}} < \text{ПДЗ}.$$

При пересечении фактическим значением фактора опасности каждой из сформированных границ на монитор ЛПР приходит сообщение в форме фактического значения фактора опасности диапазона, в котором находится это значение и цветовой индикации.

Кроме того, эта же информация поступает в подсистему поддержки принятия решений и по итогам ее работы на монитор добавляется информация о необходимости осуществления корректирующих воздействий и предлагаются варианты этих воздействий с учетом уровня фактора опасности и специфики региона.

Если на монитор ЛПР приходит сообщение о выходе одного или нескольких значений фактора опасности за пределы диапазона ПДЗ, это свидетельствует о возникновении в регионе ЧС. И тогда на участок территории, где зафиксировано превышение, отправляют мобильный телемедицинский комплекс, оснащенный многофункциональной гетерогенной группой БВС [10].

На основе этих данных ЛПР осуществляет руководство ПСР, отправляя в зону ЧС необходимое количество спасателей и медиков и подготавливая медицинские организации к приему пострадавших.

Алгоритм осуществления этих действий приведен на рис. 5.

В этой работе задействовано не только БВС, а также АПК обеспечения ЭБЧ, оператор которого управляет БВС и принимает решения.

Минимизация концентраций ЗВ в зоне ЧС неразрывно связана с проведением мониторинга и опирается на данные измерений, полученные и детектируемые оператору БВС, оборудованными контрольно-измерительными приборами. Так как именно это БВС фиксирует параметры источников ЗВ и их координаты. На основе этих данных делается вывод об эффективности мероприятий по минимизации концентраций ЗВ.

При получении информации от датчиков, установленных стационарно, о превышении фактических значений ПДЗ в эту зону отправляют БВС, оснащенное контрольно-измерительными приборами. По результатам мониторинга обнаруживают источник ЗВ и наносят на карту местности поле распространения ЗВ и отправляют к источнику ЗВ БВС, оснащенный манипулятором и материалами для исключения и/или минимизации действия ЗВ.

По окончании этой работы БВС, оснащенное контрольно-измерительными приборами, проводит повторные замеры, и если цель достигнута, оба БВС возвращаются на базу. Если источник ЗВ активен, оператор отправляет в зону ЧС специально оборудованную команду.

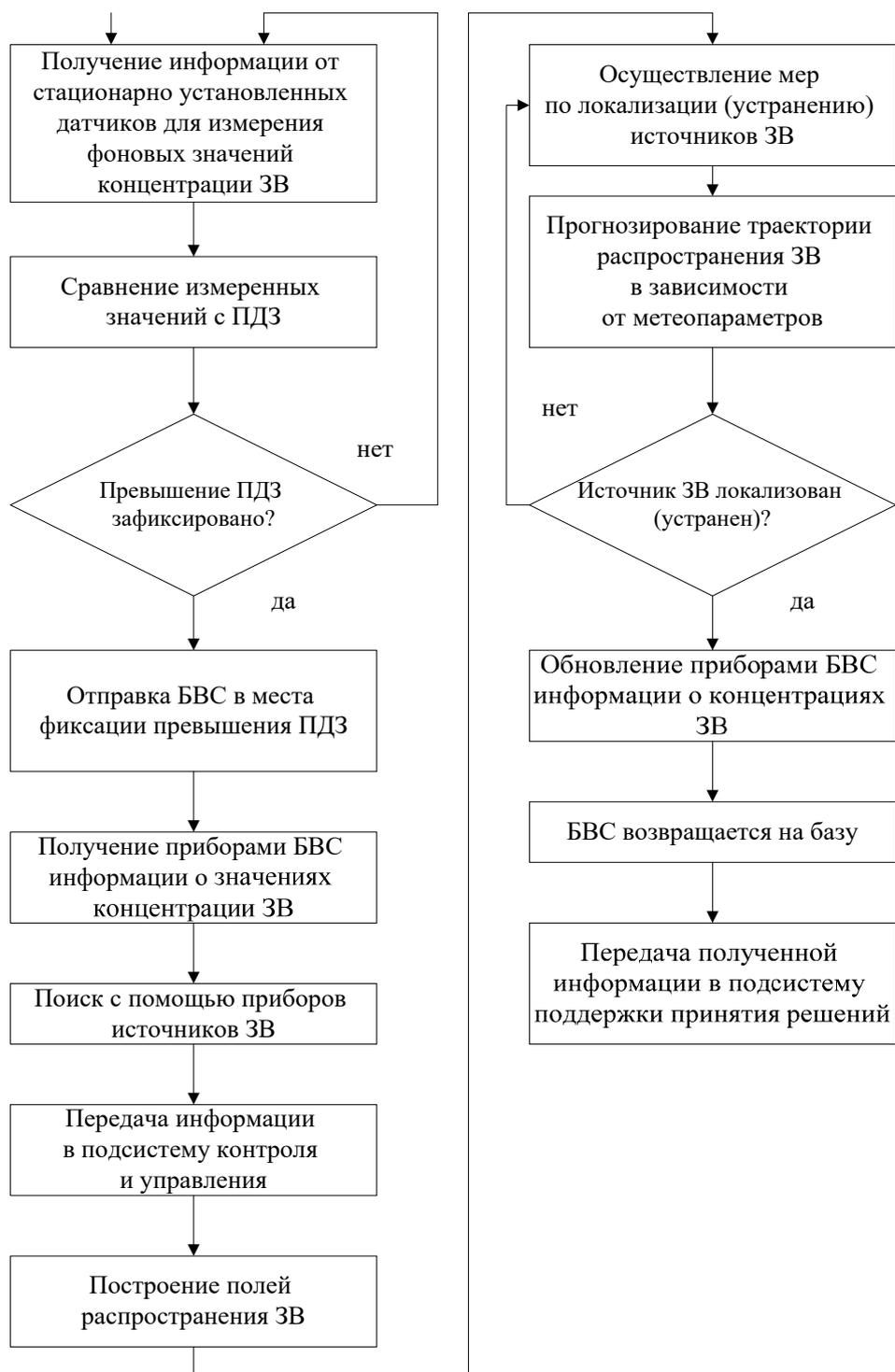


Рис. 5. Алгоритм использования беспилотного воздушного судна для мониторинга территориальной техносферы и минимизации концентрации загрязняющих веществ в зоне чрезвычайной ситуации

Заключение

Таким образом, разработанный аппаратно-программный комплекс обеспечения экологического благополучия человека, благодаря использованию специально оборудованных БВС позволит лицам, принимающим решения, получать достоверную оперативную измерительную информацию и формировать с использованием подсистемы поддержки принятия решений эффективные управляющие воздействия.

За счет совместного использования БВС и ИД предлагаемый АПК обеспечения ЭБЧ может оказать интеллектуальную поддержку при решении большого количества задач контроля и управления качеством ТТ, так как способен:

- обрабатывать и анализировать большой массив измерительной информации;
- проводить контроль состояния ТТ при ограниченной информации или неопределенности;
- распознавать аномальные состояния ТТ;
- адаптироваться, самообучаться в изменяющихся условиях и т.д.

Библиографический список

1. Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года : [утв. Указом Президента Российской Федерации г. № 176 от 19 апреля 2017].
2. Bezborodova, O. E. Monitoring of Environmental Safety of the Territorial Technosphere on the Basis of Multi-Agent Technology / O. E. Bezborodova, O. N. Bodin, V. G. Polosin // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2018. – DOI 10.1109/fareastcon.2018.8602540.
3. Юхно, А. И. Исследование алгоритма работы информационно-измерительной и управляющей системы контроля качества питьевой воды / А. И. Юхно // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2019. – № 4 (30). – С. 5–11. – DOI 10.21685/2307-5538-2019-4-1.
4. Пат. 2549222 Рос. Федерация: МПК G01 W1/00. Система экологического мониторинга атмосферного воздуха промышленного региона / Бодин О. Н. и др.; патентообладатели и заявители Бодин О. Н., Казаков В. А. – № 2013122314/28; заявл. 20.11.2014; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 11.
5. Белик, Д. С. Анализ современных программно-аппаратных средств для проведения поисково-спасательных работ / Д. С. Белик, В. В. Шерстнев, О. Е. Безбородова // Актуальные проблемы науки : сб. науч. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. – 236 с.
6. Белозерцев, А. И. Развернутые газоаналитические приборные комплексы для обнаружения компонент ракетных топлив в окружающей среде (обзор) / А. И. Белозерцев, О. В. Черемисина, С. З. Эль-Салим, В. В. Манойлов // Научное приборостроение. – 2017. – Т. 27, № 2. – С. 91–102. – URL: <http://213.170.69.26/mag/2017/full2/Art12.pdf>
7. Русу, А. Перевести дыхание: датчики Winsen для контроля качества воздуха / А. Русу // Новости электроники. – 2017. – № 8.
8. Цветков, Э. И. Metrology. Метрология. Модели. Метрологический анализ. Метрологический синтез. Дополнительные главы / Э. И. Цветков. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 144 с.
9. ГОСТ Р 8.673–2009 Национальный стандарт Российской Федерации. Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения.
10. Пат. 2694528 Российская Федерация № 2018139491. Способ проведения поисково-спасательных работ / Шерстнев В. В., Бодин О. Н., Безбородова О. Е., Рахматуллин Ф. К., Герасимов А. И. и др. ; заявл. 07.11.2018 ; опубл. 16.07.2019, Бюл. № 20. – 31 с.

References

1. *Strategiya ekologicheskoy bezopasnosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda: [utv. Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii g. № 176 ot 19 aprelya 2017]* [Strategy of environmental safety of the Russian Federation for the period up to 2025: [approved by the government of the Russian Federation. Decree of the President of the Russian Federation No. 176 of April 19, 2017]]. [In Russian]
2. Bezborodova O. E., Bodin O. N., Polosin V. G. *International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon)*. 2018. DOI 10.1109/fareastcon.2018.8602540.
3. Yukhno A. I. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'* [Measurement. Monitoring. Management. Control]. 2019, no. 4 (30), pp. 5–11. DOI 10.21685/2307-5538-2019-4-1. [In Russian]
4. Pat. 2549222 Russian Federation: MPK G01 W1/00. *Sistema ekologicheskogo monitoringa atmosfernogo vozdukhha promyshlennogo regiona* [Pat. 2549222 ROS. Federation: IPC G01 W1/00. Environmental monitoring system for air in the industrial region]. Bodin O. N. et al.; patentobladateli i zayaviteli Bodin O. N., Kazakov V. A. № 2013122314/28; appl. 20.11.2014; publ. 20.04.2015, bull. № 11. [In Russian]
5. Belik D. S., Sherstnev V. V., Bezborodova O. E. *Aktual'nye problemy nauki: sb. nauch. st. XVI Mezhdunar. nauch.-prakt.konf.* [Actual problems of science: collection of scientific articles XVI international. scientific-practical conf.]. Penza: Izd-vo PGU, 2020, 236 p. [In Russian]
6. Belozertsev A. I., Cheremisina O. V., El'-Salim S. Z., Manoylov V. V. *Nauchnoe priborostroenie* [Scientific instrument engineering]. 2017, vol. 27, no. 2, pp. 91–102. Available at: <http://213.170.69.26/mag/2017/full2/Art12.pdf> [In Russian]

7. Rusu A. *Novosti elektroniki* [Electronics news]. 2017, no. 8. [In Russian]
8. Tsvetkov E. I. *Metrology. Metrologiya. Modeli. Metrologicheskiy analiz. Metrologicheskiy sintez. Dopolnitel'nye glavy* [Metrology. Models. Metrological analysis. Metrological synthesis. Additional chapter]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGETU «LETI», 2016, 144 p. [In Russian]
9. GOST R 8.673–2009 *Natsional'nyy standart Rossiyskoy Federatsii. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Datchiki intellektual'nye i sistemy izmeritel'nye intellektual'nye. Osnovnye terminy i opredeleniya* [GOST R 8.673-2009 national standard of the Russian Federation. State system for ensuring the uniformity of measurements. Intelligent sensors and intelligent measuring systems. Basic terms and definitions]. [In Russian]
10. Pat. 2694528 Russian Federation № 2018139491. *Sposob provedeniya poiskovo-spasatel'nykh robot* [Pat. 2694528 Russian Federation No. 2018139491. Method of conducting search and rescue operations]. Sherstnev V. V., Bodin O. N., Bezborodova O. E., Rakhmatullof F. K., Gerasimov A. I. i dr.; appl. 07.11.2018; publ. 16.07.2019, bull. № 20, 31 p. [In Russian]

Шерстнев Владислав Вадимович

соискатель,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: iit@pnzgu.ru

Sherstnev Vladislav Vadimovich

applicant,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Белик Денис Сергеевич

студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: ot@pnzgu.ru

Belik Denis Sergeevich

student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Безбородова Оксана Евгеньевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра техносферной безопасности,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: ot@pnzgu.ru

Bezborodova Oksana Evgen'evna

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of technosphere safety,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Бодин Олег Николаевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационно-измерительной техники
и метрологии,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: iit@pnzgu.ru

Bodin Oleg Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information and measuring
equipment and metrology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Шерстнев, В. В. Совершенствование мониторинга территориальной техносферы и проведения поисково-спасательных работ / В. В. Шерстнев, Д. С. Белик, О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин // Изменение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 3 (33). – С. 5–15. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-3-1.