**АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГАЗОПРОВОДОВ**

Бушмелев П.Е., \*Увайсов С.У., Бушмелева К.И.,

Плюснин И.И., Назаров Е.В.

*Сургут, СурГУ; \*Москва, МИЭМ НИУ ИШЭ*

Рассмотрены этапы аналитической оценки выбора качественных технических средств используемых при разработке модулей по обнаружению утечек метана беспроводной системы мониторинга магистральных газопроводов.

**The algorithm of choice of means for the wireless monitoring system of gas pipelines. Bushmelev P., Uvaysov S., Bushmeleva K., Plyusnin I., Nazarov E.**

The stages of the analytical evaluation of the choice of high-quality technical equipment used in the development of modules for the detection of methane leaks wireless monitoring system of gas mains.

Важнейшей частью топливно-энергетического комплекса России является магистральный трубопроводный транспорт. Длительная эксплуатация магистральных газопроводов (МГ) предъявляет повышенные требования безопасности к их техническому состоянию, а периодический контроль и освидетельствование дают возможность продлевать ресурс их эксплуатации. Мониторинг газотранспортной системы (ГТС) – сложная задача, т.к. ее объекты, обладают огромной протяженностью и разветвленностью, проходят по территориям со сложными рельефно-ландшафтными условиями, подвержены неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

Реализация системы беспроводного мониторинга (СБМ) утечек газа на объектах ГТС в режиме реального времени позволяет операторам/диспетчерам отслеживать и регистрировать наличие утечек газа, обнаруживать места несанкционированного доступа и повреждений, принимать управленческие решения о техническом состоянии газопроводов [1]. Интерес к применению беспроводных сетей для сбора и передачи показаний с распределенных датчиков по обнаружению утечек газа при диагностике МГ, в последнее время постоянно возрастает. Поскольку такой подход позволяет дистанционно осуществлять непрерывный мониторинг в режиме реального времени с протяженных объектов, значительно сокращая затраты времени и средств на монтаж и последующее техническое сопровождение недорогих низкопотребляющих системы. СБМ построена на основе совокупности различных программно-аппаратных средств и, представляет собой беспроводную сенсорную сеть на основе платформы MeshLogic, состоящую из множества распределенных в пространстве беспроводных модулей (БМ), а также шлюза, сервера и Web сайта клиента, обеспечивающих связь БМ с базой данных и клиентскими приложениями.

БМ представляет собой устройство, работающее от автономного источника питания и обладающее набором основных компонентов детектора утечек метана (ДУМ), управляемое операционной системой реального времени TinyOS. БМ устанавливаются вблизи трубы (около 5-10м) вдоль МГ, через определенное расстояние (около 100м), на основе учета розы ветров и анализа информации по распространению газового облака, соединяются между собой посредством беспроводной радиосвязи [2], образуя последовательную сенсорную сеть приемопередающих беспроводных устройств, которые в свою очередь передают информацию от точки к точке посредством ретрансляции.

ДУМ используемый в качестве чувствительного элемента определяющего наличие утечек газа из объектов ГТС, который в свою очередь состоит из: микроконтроллера; высокочувствительного датчика обнаружения утечек газа - метана; радиопередающего устройства с функцией ретрансляции; блока автономного питания на базе аккумулятора, солнечной батареи и ветряной установки; памяти.

При разработке ДУМ необходимо выбрать технические средства (ТС) и комплектующие устройства (например, датчики обнаружения концентрации метана и др.), которые позволят значительно повысить достоверность получаемых данных и эффективность работы по обнаружению утечек газа, при этом обладающие улучшенными эксплуатационные возможностями и техническими характеристиками.

На сегодняшний день существует множество различных способов и алгоритмов расчета показателей качества технических средств (КТС) используемых для мониторинга и определения утечек газа из МГ, спектр продукции, предлагаемой для этих целей также широк и разнообразен. В работе приведен алгоритм [3] и выбор выше перечисленных устройств, оценка которых будет осуществляться, на основе анализа параметров технических средств, которые в свою очередь сравнивались по четырем основным группам критериев: технические характеристики; информационные свойства; программное обеспечение; эксплуатационные характеристики.

Чтобы сравнительная оценка различных технических средств была корректной, для каждого критерия сравнения устанавливаются параметры, которые в одинаковой мере характерны для всех сравниваемых устройств. Алгоритм относительной аналитической оценки КТС использует для расчетов табличный процессор (M. Excel) состоит из пяти основных этапов и базируется на оценке числовых X и функциональных Y параметров - большее значение соответствует лучшему ТС. Оценка осуществляется в реальном масштабе времени, т.е. непосредственно после ввода любого из параметров или коэффициентов, табличный процессор осуществляет вычисления и формирует результат. Оперативность вычислительных операций позволит корректировать требования к ТС и тем самым добиваться лучшего конечного результата.

В результате работы алгоритма функциональным параметрам технических средств присваиваются числовые экспертные коэффициенты. Данные из исходной табл. 1 преобразуются и переносятся в таблицу Excel, в которой табличный процессор производит расчеты относительной оценки КТС. Результаты расчета представляются в виде нормированных коэффициентов, которые в свою очередь позволяют судить о том, во сколько раз КТС отличаются друг от друга.

Рассмотрим работу алгоритма на примере выбора сенсорных датчиков определения метана. Этап первый - формирование исходной таблицы. Технические данные выбранных устройств, обобщаются и вносятся в таблицу 1. Распределение данных производится по двум основным группам – критериям, технические и эксплуатационные характеристики. Каждый параметр конкретного ТС имеет 2 ячейки, в первой его название, размерность (для числового параметра), во второй - его значение (числовое или функциональное).

 На втором этапе происходит формирование таблицы Excel, при этом учитывается, что числовой параметр*bj*, максимальное значение которого соответствует лучшему качеству, заносится без изменений; параметр, минимальное значение которого соответствует лучшему качеству, определяется по формуле *bj=1/X*; параметр, состоящий из нескольких значений, пересчитывается путем перемножения (например, габариты в объем), либо сложения.

 Функциональным параметрам присваиваются экспертные коэффициенты *b1, b2, b3*(в зависимости от количества привлекаемых экспертов) для соответствующих ТС по условию (1).

 Параметры, влияние которых на качество ТС не существенно или характеризующее только конкретное ТС в таблицу не вводятся. Критерии *n* оцениваются экспертными коэффициентами *kn* по условию. Числовые параметры *αϳ* оцениваются экспертными коэффициентами по условию.

Таблица 1

Технические данные датчиков определения метана

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | MSH-P-HC Dynament | CH-A3 Alpasense  | МИП ВГ-02 [Optosense](http://optosense.ru/ru/welcome.html) | HS-131 [Sencera](http://www.efo.ru/cgi-bin/go?939)  | TGS2611 Figaro | SGS01S8 СенсЭл |
| **Технические характеристики** |
| 1 | Диапазон измерения сенсора | 0 - 100 % объема | Диапазон измерения сенсора | 0 - 100 % LEL | Диапазон измерения сенсора | 0 ─ 5% об.(0─100%об.) | Диапазон измерения сенсора | 1000 - 20000 ppm | Диапазон измерения сенсора | 500 10000 ppm | Диапазон измерения сенсора | 20000 ppm |
| 2 | Чувствительность сенсора | 20 мV / % CH4 | Чувствительность сенсора | 20 мV / % CH4 | Чувствительность сенсора | менее 5 милливатт | Чувствительность сенсора | менее 5 милливатт | Чувствительность сенсора | <15 20 мV / % CH4 | Чувствительность сенсора | 20 мV / % CH4 |
| 3 | Время реакции сенсора | < 8 секунд | Время реакции сенсора | < 15 секунд | Время реакции сенсора | <30 | Время реакции сенсора | <30 | Время реакции сенсора | < 15 секунд | Время реакции сенсора | 40 секунд |
| 4 | Потребляемая мощность | 800 мВт | Потребляемая мощность |  190 мВт | Потребляемая мощность |  190 мВт | Потребляемая мощность | 800 мВт | Потребляемая мощность | 210 - 830 мВт | Потребляемая мощность | 300 мВт |
| **Эксплуатационные характеристики** |
| 5 | Рабочий диапазон температур | -20о С до + 55 С | Рабочий диапазон температур | - 40 - 55 С | Рабочий диапазон температур | 40°C до +60°C | Рабочий диапазон температур | -20…50°С | Рабочий диапазон температур | -40...50  С | Рабочий диапазон температур | -20…50°С |
| 6 | Время жизни сенсора  | > 1 года | Время жизни сенсора  | > 1 года | Время жизни сенсора  | 10 лет | Время жизни сенсора  | 10 лет | Время жизни сенсора  | 10 лет | Время жизни сенсора  | 10 лет |
| 7 | Рабочее напряжение | 5В±0,2В (пер./пост. тока) | Рабочее напряжение | 3,0–4,5В постоянное | Рабочее напряжение | 3,0–4,5В постоянное | Рабочее напряжение | 5В±0,2В (пер./пост. тока) | Рабочее напряжение | 5В±0,2В (пер./пост. тока) | Рабочее напряжение | 5В±0,2В (пер./пост. тока) |
| 8 | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды | Диапазон влажности | 0 до 98% при 40°C окр. среды |

 На третьем этапе производится нормирование параметров. Все параметры X и Y преобразуются в единую оценочную форму в виде коэффициентов от 0 до 1. **У**среднение экспертных коэффициентов осуществляется на основе *bj***=(***b1+b2+b3)*)/3. Далее производится нормирование *bj* каждого параметра *αϳ* по формуле  (2), при этомдолжно выполняться условие (1). Результат отображается в виде значения .

 Четвертый этап отвечает за оценку ТС по выбранным критериям, с целью выявления КТС. Результат оценки, в виде нормируемого коэффициента, заносится в соответствующую строку таблицы Excel ***jn***, для каждого критерия.Вычисление весов производится по формуле , с учетом веса параметра *αj* и нормированного значения  для всех *f -* устройств. Далее осуществляется нормирование *g****n*** по каждому критерию, в результате чего находим , при этом должно выполняться условие . Результаты заносятся в ячейки столбцов  и строк *j****n***, таблицы Excel для каждого критерия.

 Завершающим этапом оценки является получение ряда относительных коэффициентов (1) для всех *f* при условии , когда *max* значение коэффициента характеризует лучшее ТС. Для этого вычисляется вес  с учетом веса критерия *k****n*** и нормированного значения (2) для всех *f*. Далее производится нормирование *G****n***. по каждому критерию, после чего находят , в результате должно выполняться условие .

 Сравнительный анализ качества 6-ти различных устройств, проведенный с помощью выше описанного алгоритма, представлен графически (рис. 1), позволил выбрать наилучший сенсорный датчик утечки газа CH-A3 Alpasense, который имеет наиболее высокие качественные показатели (*Gnn*=0,26), что в несколько раза лучше, по сравнению с ближайшими устройствами аналогами.

*Рис.1. Обобщенный результат оценки качества технических средств*

 Подводя итог можно отметить, что данный алгоритм универсален и может использоваться для сравнительной оценки любых ТС из-за возможности использования оценки посредством экспертных коэффициентов.

**Литература**

1. Бушмелев П.Е., Увайсов С.У., Плюснин И.И., Бушмелева К.И. Беспроводная сенсорная сеть обнаружения утечек газа на магистральных газопроводах //Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции. – Прага, апрель 2012. – С. 377 – 380.

2.Пролетарский, А.В. Основы информационных технологий. Беспроводные сети Wi-Fi / А.В. Пролетарский. – М.: Бином – Лаборатория знаний, 2007. – 216 с.

3. Плюснин И.И., Бушмелева К.И., Увайсов С.У., Бушмелев П.Е., Назаров Е.В. Аналитическая оценка качества технических средств лазерно-информационной системы мониторинга объектов газотранспортной сети //Надежность и качество: Труды международного симпозиума. – Пенза, май 2011. – Т.1. – С. 69 - 74.