

## Алгоритм процесса выбора средств измерений для проведения инструментального контроля вредных производственных факторов

*А.В. Борисова*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

**Аннотация:** В работе представлена методика оптимального выбора приборного оборудования, в основу которой положен метод экспертных оценок (ранговой корреляции). В соответствии с основными положениями методики описан алгоритм процесса выбора средств измерений для проведения инструментального контроля вредных производственных факторов. Рассмотрены критерии выбора приборов. Описана математическая модель процесса выбора измерительной аппаратуры, включающая ранжирование критериев выбора приборов. По результатам ранжирования определены ведущие, существенные и менее значимые критерии выбора для приборной группы, участвующей в эксперименте. Принимая во внимание ведущие и существенные параметры выбора аппаратуры, осуществляется комплектация испытательной лаборатории необходимым приборным оборудованием, в соответствии с областью аналитических задач и условиями проведения измерений.

**Ключевые слова:** инструментальный контроль, мониторинг вредных производственных факторов, методика выбора приборного оборудования, средства измерений, метод экспертных оценок

По официальным данным Росстата к концу 2013 года удельный вес числа работников производственного сектора экономики, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, составил 32,2%. На сегодняшний день сохраняется тенденция к увеличению числа рабочих мест, условия труда которых не отвечают гигиеническим нормативам [1].

В связи со сложившейся ситуацией, опираясь на зарубежный опыт [2], первоочередной задачей национальной государственной политики в области охраны труда является разработка механизмов, методов и инструментов, с помощью которых можно объективно оценивать существующие риски, управлять ими и влиять на условия труда на рабочих местах [3-5]. При этом ключевым элементом в структуре современного управления охраной труда, позволяющим выявить архаичные производства с устаревшими технологиями, оказывающими негативное влияние на здоровье работников,

является мониторинг и контроль опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ).

Инструментальный мониторинг состояния условий труда на рабочих местах осуществляется в рамках процедуры производственного контроля вредных производственных факторов (Санитарные правила СП 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». URL: docs.cntd.ru/document/901793598) и в процессе выполнения специальной оценки условий труда (Федеральный закон от 28.12.2013 г. №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». URL: rosmintrud.ru/docs/laws/114) аккредитованными в установленном порядке испытательными лабораториями. При этом одной из задач, требующей решения, является разработка алгоритма процесса выбора средств измерений, удовлетворяющих области аккредитации испытательной лаборатории и государственным требованиям к выполнению данных работ.

Для решения поставленной задачи предлагается методика оптимального выбора приборного оборудования, в основу которой положены системные исследования объема разнородных данных: источниках опасных и вредных производственных факторов, составе загрязняющих компонентов воздуха рабочей зоны, технических средствах контроля, включающие научные теории и методы [6-9].

Основой предложенной методики является метод экспертных оценок, который относится к субъективным неформальным методам, базируется на статистической обработке результатов опроса специалистов-экспертов в области измерений, аналитики и приборостроения.

На первых этапах методики определяется область аналитических задач лаборатории, т.е. перечень показателей опасных и вредных производственных факторов, подлежащих инструментальному контролю.

---

После чего осуществляется анализ существующих приборно-методических решений. Следующим этапом является формулировка перечня критериев оценки приборов, из которых выбираются наиболее важные (определяющие). При этом критерии определяются таким образом, чтобы они могли быть так или иначе формализованы и описаны математически, допуская тем самым количественную оценку приборов по совокупности критериев [9].

Ранжирование критериев осуществляется посредством технологии, применённой в [10].

Для определения состояния и перспектив комплектации лабораторий приборной техникой определены следующие критерии:

- $J_1$  – функционально-технические характеристики приборов;
- $J_2$  – эксплуатационные характеристики;
- $J_3$  – наличие в реестре средств измерений для применения на территории России;
- $J_4$  – степень отработанности технологии измерения;
- $J_5$  – экономические (стоимостные) показатели;
- $J_6$  – совместимость с компьютерной техникой.

Из этих критериев  $J_1$  и  $J_2$  являются не однозначными, т.е. в свою очередь они тоже должны оцениваться по ряду показателей, т.е. функционально-технический критерий по количеству измеряемых показателей, диапазону и точности измерений, габариты и масса прибора. Эксплуатационный критерий может быть ранжирован по ремонтпригодности, надежности и простоте обслуживания, безопасности, достаточному ресурсу. Здесь следует учитывать, что каждый измерительный прибор допускает различную компоновку по совокупности показателей, и из-за чего его свойства могут варьироваться в некоторых пределах.

Для каждой рассматриваемой приборной группы экспертами  $K_i$  задаются значения выделенных ранее критериев  $J_j$  (таблица №1).

---

Таблица №1

Значение критериев на множестве допустимых вариантов

$K_i \backslash J_j$	$J_1$	$J_2$	$J_3$	$J_4$	$J_5$
$K_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$
$K_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	$a_{24}$	$a_{25}$
...	...	...	...	...	...
$K_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	$a_{n4}$	$a_{n5}$

Следует отметить, что эти критерии разнонаправленные – одни требуют максимизации, другие минимизации. Для удобства формулировки следует их унифицировать, приведя к одному виду, например, требованиям максимизации показателей. Решение данной задачи заключается в построении максиминной стратегии, в соответствии с которой для каждого показателя находится критический вариант [11].

Использование экспертных процедур в решении задач оптимизации процесса выбора изложено в работе [12]. Однако реализация экспертной методологии в ее классическом варианте применительно к проблеме выбора измерительного оборудования в целях проведения инструментального контроля вредных производственных факторов является сложной ввиду отсутствия необходимости каждый раз при решении той или иной аналитической задачи собирать постоянную рабочую группу. Для анализа предложенных критериев выбора измерительных приборов в целях принятия оптимального решения используется следующий подход.

Для унификации и обобщения процедуры выбора применяется уравнение (1) [6], которое решается на экспертном уровне, устанавливает связь разрешающей способности и селективности приборно-методического обеспечения для данного класса аналитических задач, тем самым обобщает

огромный массив знаний, накопленный классической аналитической химией и лабораторной практикой:

$$K_i = f_x(R), \quad (1)$$

где  $K_i$  - коэффициент селективности по отношению к каждому из фоновых веществ;  $R$  - разрешающая способность приборно-методического обеспечения;  $f_x$  - правило формирования химико-аналитических кодов.

В общем виде модель процесса выбора измерительных приборов представляется в виде уравнения регрессии (2) [13]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1, j=1}^{k, n} b_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (2)$$

где  $b_0$  – свободный член уравнения;  $b_{1,2\dots k}$  – коэффициенты при критериях;  $i = 1, 2\dots k$  – число критериев;  $j = 1, 2\dots n$  – число сочетаний критериев;  $x$  – критерии (параметры);  $y$  – параметр оптимизации (отклик), подлежащий изучению.

Параметр оптимизации представляет собой результат эксперимента, полученный в соответствующих условиях по заданному алгоритму. В данном случае параметром оптимизации является результат оптимального выбора приборного оборудования. По величине коэффициентов при критериях (параметрах) можно судить о степени их влияния на параметр оптимизации. Чем больше коэффициент по сравнению с другими, тем больше влияние. Так как при выборе приборного оборудования параметр оптимизации трудно представить количественно используются субъективные ранговые параметры: баллы от 0 до 10. Используя метод ранговой корреляции (метод экспертных оценок), проводится ранжирование ряда параметров, влияющих на принятие решения.

В целях реализации экспертного метода проведены исследования по определению пригодности к использованию в системе мониторинга и контроля опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах

машиностроительного предприятия группы приборов для оценки физических факторов. В число оцениваемых приборов входят: измеритель акустический, многофункциональный анализатор «ЭКОФИЗИКА», измеритель напряженности электрических и магнитных полей ПЗ-80 ЕН 500, измеритель электростатических полей ПЗ-80-Е, термоанемометр ТТМ-2-04-DIN, измеритель микроклимата «ЭкоТерма-1», люксметр-пульсметр-яркомер «Эколайт-01». Методом ранговой корреляции установлена в баллах весомость каждого из критериев выбора, проведено их ранжирование.

Для автоматизации процесса ранжирования критериев приборов автором выполнена расчетная программа в формате MS Excel.

Для определения степени влияния каждого из критериев на выбор прибора определены категории параметров: ведущие, существенные, менее значимые. С учетом полученных количественных характеристик по результатам ранжирования каждый из критериев отнесен к соответствующей категории, тем самым определяя выбор того или иного средства измерений из рассматриваемой группы.

Так, на основании проведенных расчетов определено, что при выборе прибора:

- к ведущим параметрам следует отнести диапазон измерений, точность прибора, надежность;
- к существенным – простота использования, оперативность получения данных, количество показателей, масса и габариты;
- менее значимым – ремонтпригодность, степень отработанности технологии, стоимостные показатели, совместимость с ЭВМ.

Таким образом, опираясь на ведущие и существенные параметры выбора аппаратуры, осуществляется комплектация испытательной лаборатории необходимым приборным оборудованием, в соответствии с областью аналитических задач и условиями проведения измерений.

---

## Литература

1. Пашин Н.П. Современные тенденции и приоритетные направления в совершенствовании системы управления охраной труда// Безопасность и охрана труда. 2010. №3. С. 4-7.
2. ILO standards on occupational safety and health. Promoting a safe and healthy working environment. International Labour Conference. Geneva, Switzerland, 2009, 162 p.
3. Пушенко С.Л. Принципы выработки стратегии управления рисками охраны труда // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/634](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/634).
4. Пушенко С.Л. Модель оптимизации решений по снижению риска охраны труда // Инженерный вестник Дона, 2012, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/638](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/638).
5. Serdyuk N.N. Functional task of assessing the influence of harmful production factors on people // Eastern-European journal of enterprise technologies. 2013. Vol. 4. № 4(64). pp. 22-25.
6. Универсальная система химического анализа/ Л.А.Грибов, Ю.А.Золотов, В.И. Калмановский, Л.Л. Кунин и др.// Журнал аналитической химии. 1982. Т. XXXVII. №6. С.1104 – 1121.
7. Шаевич А.Б. Аналитическая служба как система. М.: Химия, 1981. 264 с.
8. Федорович Г.В. Выбор аппаратуры для испытательных лабораторий // Мир измерений. 2009. №9. С.32 – 40.
9. Борисова А.В., Финоченко В.А. Теоретические аспекты выбора технических средств для проведения контроля и мониторинга вредных и опасных производственных факторов// Вестник РГУПС. 2014. №4(56). С.24-30.



10. Финоченко В.А. Развитие методов идентификации параметров управления охраной окружающей среды на железнодорожном транспорте // Обозрения прикладной и промышленной математики. 2008.Т. 15. Вып. 5. С. 936–937.

11. Иванов Ю.Н., Токарев В.В., Уздемир А.П. Математическое описание элементов экономики. М.: Физматлит, 1994. 416 с.

12. Орлов А.И. Эконометрика. М.: Экзамен, 2002. 576 с.

13. Евдокимов Ю.А., Гудима В.В., Щербаков А.В. Основы теории инженерного эксперимента. Ростов<sup>н</sup>/Д: РГУПС, 1994. 83 с.

### References

1. Pashin N.P. Bezopasnost' i okhrana truda. 2010. №3. pp. 4-7.
  2. ILO standards on occupational safety and health. Promoting a safe and healthy working environment. International Labour Conference. Geneva, Switzerland, 2009, 162 p.
  3. Pushenko S.L. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/634](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/634).
  4. Pushenko S.L. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/638](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/638).
  5. Serdyuk N.N. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2013. Vol. 4. № 4(64). pp. 22-25.
  6. Gribov, L.A., Zolotov Iu.A., Kalmanovskii V.I., Kunin L.L., Luzhkov Iu.M., Popov A.A., Toroptsev V.S. Zhurnal analiticheskoy khimii. 1982, T. XXXVII, Vyp.6, pp.1104-1121.
  7. Shaevich A.B. Analiticheskaya sluzhba kak sistema [Analytical service of the system]. М.: Khimiya, 1981. 264 p.
  8. Fedorovich G.V. Mir izmereniy. 2009. №9. pp.32 – 40.
  9. Borisova A.V., Finochenko V.A. Vestnik RGUPS. 2014. №4(56). pp.24-30.
-



10. Finochenko V.A. Obozreniya prikladnoy i promyshlennoy matematiki. 2008. T. 15. Vyp. 5. pp.936-937.
11. Ivanov Yu.N., Tokarev V.V. , Uzdemir A.P. Matematicheskoe opisanie elementov ekonomiki [The mathematical description of the elements of the economy]. M.: Fizmatlit, 1994. 416 p.
12. Orlov A.I. Ekonometrika [Econometrics]. M.: Ekzamen, 2002. 576 p.
13. Evdokimov Yu.A., Gudima V.V., Shcherbakov A.V. Osnovy teorii inzhenernogo eksperimenta [Fundamentals of the theory of engineering experiment]. Rostov n/D: RGUPS, 1994. 83 p.