

УДК 614.001.89

Е.Т. Володарский¹, И.А. Харченко², В.И. Згуря², М.Е. Молочков²¹Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»²УкрНИИПБ МЧС Украины, Киев

КОРРЕКТНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЯ ГРАББСА ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЯ С ТРЕМЯ ЭЛЕМЕНТАМИ

Проанализирована чувствительность критерия Смирнова-Граббса при выявлении выбросов для объема выборки в три элемента. Установлено, что чувствительность в первую очередь зависит от абсолютного значения разности между элементами выборки, которые не относятся к выбросу. По результатам моделирующего эксперимента найдены соотношения, позволяющие определить критическое значение, при котором критерий выявляет выброс.

критерий Граббса, выбросы, квазивыбросы, испытания

Введение

Среди требований ДСТУ ISO/IEC 17025 [1, 2] к испытательным лабораториям, которые намереваются показать, что у них функционирует система качества и они технически компетентные, есть требование использования статистических методов анализа данных испытания (п. 5.4.1 [1, 2]), в том числе и при проведении сравнительных испытаний.

Лаборатория, которая принимает участие в межлабораторных сравнительных испытаниях в соответствии с Руководством ISO/IEC 43-1:1997 [3], должна иметь методику выявления выбросов. Ранее (15 – 20 лет назад) с этой целью применялся стандарт СЭВ 545-77 [4], в котором были изложены критерии оценки аномальности результатов наблюдений. В этом стандарте использовался критерий Н.В. Смирнова и отмечалось, что в литературе часто неправомерно критерий приписывают Ф.Е. Груббсу (теперь переводится Граббс). Отмечается, что впервые правильное решение задачи относительно оценки аномальности результатов наблюдений был дан Н.В. Смирновым в 1941 г. В 1950 г. Ф.Е. Граббс повторил эти результаты Н.В. Смирнова без ссылки на него.

В настоящее время для выявления выбросов лаборатории рекомендуется пользоваться положениями ДСТУ ГОСТ ISO 5725-2:2005 [5], в котором для выявления выбросов также предлагается использовать критерий Граббса.

Критерий Граббса предусматривает, в первую очередь, проверку одного наибольшего (наименьшего) из значений результатов испытаний на наличие выбросов и квазивыбросов.

Статистика Граббса рассчитывается исходя из выражений:

$$G_{j\max} = \frac{y_{j\max} - \bar{y}_j}{S_j}; \quad G_{j\min} = \frac{\bar{y}_j - y_{j\min}}{S_j}, \quad (1)$$

где \bar{y}_j и S_j – среднее значение и среднее квадратическое отклонение соответственно, рассчитанные для j -й лаборатории по результатам испытаний.

Характерной особенностью испытаний в сфере пожарной безопасности является применение разрушающих методов контроля и проведения испытаний на 1 – 3 образцах.

Основной материал

Рассмотрим особенности применения критерия Граббса для определения выбросов и квазивыбросов в случае, когда имеем три результата испытаний – наименьший объем выборки, для которого можно использовать критерий Граббса. Будем исходить из оценки метода определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов согласно п. 4.3 ГОСТ 12.1.044-89 [6]. Этот метод выбран из следующих соображений:

1. Метод реализован в более чем 20 лабораториях Украины, что позволяет сопоставить результаты, полученные в разных лабораториях.

2. Для испытаний, используется три образца.

Экспериментальное исследование образцов начинается при температуре газообразных продуктов горения (200 ± 5) °С. Если температура газообразных продуктов горения не достигает 260 °С, материал является трудногорючим, если же температура превышает 260 °С – материал относят к горючим.

Другие критерии этого метода в данной работе не рассматриваются.

Практика применения критерия Граббса для выявления выбросов и квазивыбросов по трем результатами испытаний показала, что выводы по данному критерию и выводы экспертов могут существенно отличаться. Так для одной совокупности имеющихся данных критерий “не реагировал” на превышение температуры по отношению к начальной в сотни градусов, а в других случаях при незначительных превышениях температуры “реагировал” как на выбросы.

Принимая во внимание, что по абсолютным значениям температуры, полученным во время испытаний, материал относят к соответствующей группе горючести, важно, чтобы решения, которые принимаются по критерию Граббса, отвечали физическому смыслу и не приводили к ошибочной классификации. Неопределенность полученных решений дополнительно связана с тем, что критические значения $G_{кр}$ для 1 %-го и 5 %-го уровня статистической значимости одинаковые и равняются 1,155 [5].

Для анализа механизма выявления выбросов по критерию Граббса представим выражение (1) следующим образом:

$$T_{кр}^{max} = T_{ср} + G \cdot S ; \quad (2)$$

$$T_{кр}^{min} = T_{ср} - G \cdot S , \quad (3)$$

где $T_{кр}^{max}$ и $T_{кр}^{min}$ – критическое значение температуры, по отношению к которым результат признается выбросом или квазивыбросом; $T_{ср}$ – значение средней температуры выборки; S – оценка среднеквадратического отклонения температуры выборки; G – критическое значение статистики Граббса.

Значения $T_{ср}$ и в особенности S зависят от “комбинации” имеющихся текущих значений в выборке. В дальнейшем, исходя из цели исследования, будем анализировать наличие выбросов или квазивыбросов для наибольшего выборочного значения имеющихся результатов измерения температуры для $n = 3$. При этом критическое значение температуры согласно с (2) будет определяться как

$$T_{кр} = T_{ср} + 1,155 \cdot S . \quad (4)$$

Для анализа чувствительности критерия Граббса при 3-х результатах испытаний был проведен моделирующий эксперимент. В качестве исходных данных результатом испытаний были выбраны значения температур: $T_1 = 252 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_2 = 254 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_3 = 253 \text{ }^\circ\text{C}$. Для этих данных $G_{max} = 1,0$, что меньше $G_{кр} = 1,155$ – согласно критерию Граббса результаты испытаний не содержат выбросов и квазивыбросов.

При проведении моделирующего эксперимента были зафиксированы значения T_1 и T_3 , а значение

T_2 увеличивалось с шагом в $1 \text{ }^\circ\text{C}$ до тех пор, пока рассчитанное текущее значение коэффициента Граббса G_{max} не достигнет $G_{кр}$. Было установлено, что при фиксированных значениях $T_1 = 252 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_3 = 253 \text{ }^\circ\text{C}$ рассчитанное текущее значение G_{max} достигнет $G_{кр} = 1,155$ при $\tilde{T}_2 = 299 \text{ }^\circ\text{C}$. Обозначим наименьшее значение \tilde{T}_2 , которое по критерию Граббса является выбросом – $T_{кр}$.

Для оценки чувствительности введем показатель, который характеризует размах значений в выборке – $\Delta_{кр}$, как разность значений $T_{кр}$ и наименьшего значения в выборке T_1 :

$$\Delta_{кр} = T_{кр} - T_1 . \quad (5)$$

В результате проведения моделирующего эксперимента было обнаружено, что $\Delta_{кр,1} = T_{кр,1} - T_1 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$ (здесь индекс 1 показывает, что разность между зафиксированными значениями T_1 и T_3 составляет $1 \text{ }^\circ\text{C}$).

Последующее исследование проводилось при условии неизменного фиксированного значения $T_1 = 252 \text{ }^\circ\text{C}$ и увеличении при каждом i -м моделирующем эксперименте разности между T_3 и T_1 . Так, например, при $i = 3$: $R_3 = T_{3,3} - T_1 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$, т.е. $T_3 = 253 \text{ }^\circ\text{C}$. Как в выше рассмотренном случае, значение T_2 увеличивалось до тех пор, пока рассчитанное текущее значение G_{max} не достигало $G_{кр} = 1,155$. Полученные результаты представлены на рис. 1. Здесь $\tilde{T}_{ср,i}$ и \tilde{S}_i – среднее значение и оценка среднеквадратического отклонения соответственно для i -го моделирующего эксперимента, вычисленные при $\tilde{T}_2 = T_{кр,i}$ и выполнении выражения:

$$G_{max,i} = \frac{T_{кр,i} - \tilde{T}_{ср,i}}{\tilde{S}_i} = G_{кр} . \quad (6)$$

Как следует из зависимостей, приведенных на рис. 1, можно сделать вывод, что введенный параметр $\Delta_{кр}$ является наиболее чувствительным к наличию выбросов и квазивыбросов. Более того, анализ данных, полученных при проведении моделирующего эксперимента для различных значений $R_i = (T_{3,i} - T_1)$ позволил выявить константу

$$K_{\Delta_{кр}} = \frac{\Delta_{кр,i}}{R_i} = 47 ,$$

на основании которой получены соотношения:

$$T_{кр,i} = T_1 + 47 \cdot R_i ;$$

$$\tilde{T}_{ср,i} = T_1 + 16 \cdot R_i ,$$

геометрическая интерпретация которых представлена на рис. 2.

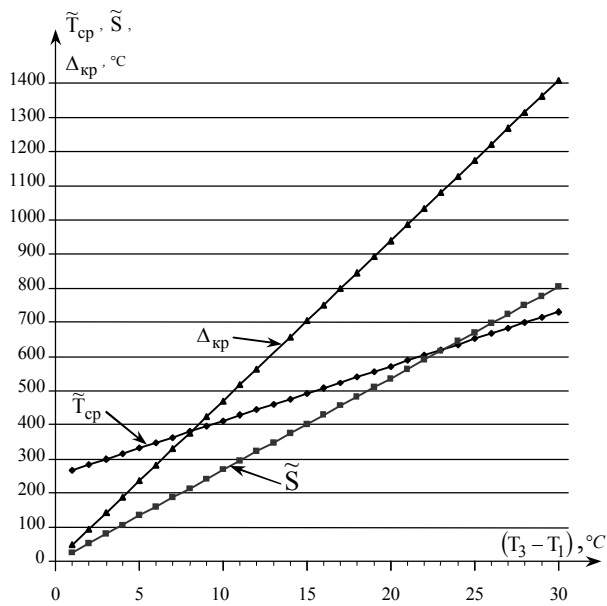


Рис. 1. Зависимости \tilde{T}_{cp} , \tilde{S} и $\Delta_{кр}$ от размаха $(T_3 - T_1)$ при объеме выборки $n = 3$

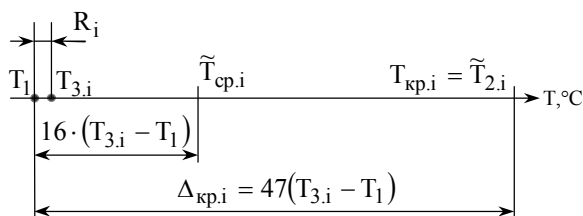


Рис. 2. Соотношение между выборочными значениями при выявлении выбросов и квазивыбросов

Как следует из приведенных зависимостей и рис. 2, чувствительность критерия Граббса зависит от абсолютной разницы $R_i = T_{3,i} - T_1$ между значениями элементов выборки, которые не являются выбросами. Чем больше разница R_i при фиксированном T_1 , тем больше критическое значение максимального элемента выборки, при котором критерий Граббса обнаружит выброс. Кроме того существует закономерность, которая связывает разницу между крайними элементами выборки T_1 и $T_2 = T_{кр,i}$ и разницу между соседними элементами T_1 и $T_{3,i}$; $\Delta_{кр,i} = 47 \cdot R_i$ или $T_{кр} - T_1 = 47 \cdot (T_{3,i} - T_1)$.

Например, при $T_{3,i} - T_1 = 1^\circ\text{C}$ ($i = 1$) разница между $T_{кр,i} = 299^\circ\text{C}$ и $T_1 = 252^\circ\text{C}$ составляет $\Delta_{кр,i} = 1 \cdot 47^\circ\text{C}$. При $i = 5$ $T_{3,5} - T_1 = 5^\circ\text{C}$, а критическое значение, при котором критерий Граббса определяет выбросы, будет $\tilde{T}_2 = \tilde{T}_{кр,i} = 487^\circ\text{C}$. Как следует из приведенного примера, исходя из физи-

ческого смысла выбросы возможно было бы обнаружить и раньше, а критерий Граббса этого не позволяет. Второй вывод вытекает для случая, когда значения двух элементов выборки равны, то есть $T_1 = T_3$. Тогда имеем, что $R_0 = T_{3,0} - T_1 = 0^\circ\text{C}$ и критерий Граббса любое третье значение T_2 , которое будет отличаться (в рассматриваемом случае больше) от $T_1 = T_3$, будет принимать за выбросы. Такие случаи часто встречаются на практике, например при проведении испытаний в области пожарной безопасности, и решаются при окончательном принятии решения путем привлечения экспертов, которые могут оценить реальную физическую ситуацию.

Выводы

Таким образом, проведенный моделирующий эксперимент показал ограниченность применения критерия Граббса для выявления выбросов и квазивыбросов при проведении испытаний, когда объем выборки $n = 3$. С одной стороны чувствительность критерия Граббса недостаточная, а значит могут быть получены такие значения, которые с точки зрения физического смысла являются выбросами, а критерий Граббса их “не чувствует”. С другой стороны, при двух одинаковых значениях из трех третье значение в выборке всегда по критерию Граббса будет признаваться выбросом.

Список литературы

1. ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 *Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.*
2. ДСТУ ISO/IEC 17025-2006 *Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.*
3. Руководство ISO/IEC 43-1:1997 *Проверка лаборатории на качество проведения испытаний посредством межлабораторных сличений. Часть 1. Разработка и реализация программ проверки на качество проведения испытаний.*
4. СТ СЭВ 545-77 *Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений.*
5. ДСТУ ГОСТ ISO 5725-2:2005 *Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерения. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерения (ГОСТ ИСО 5725-2-2003, IDT).*
6. ГОСТ 12.1.044-89 *ССБТ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.*

Поступила в редколлегию 15.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.