

## Ранжирование факторов при оценке тепловой защиты объектов

*Т.А. Скорик, Е.К. Глазунова, Н.И. Галкина*

*Донской государственной технической университет г. Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Произведено априорное ранжирование факторов, позволяющих прогнозировать тепловую защиту объектов, представлена формализованная схема многофакторного эксперимента воздействия определяющих факторов на тепловую защиту объекта с различными функциями отклика.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, тепловая защита зданий, многофакторный эксперимент, ранжирование факторов.

С января 2019 года вступил в действие Федеральный закон № 221-ФЗ от 19.07.2018, закрепивший изменения в действовавший с 2009 года Федеральный закон от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Десятилетний опыт его реализации позволил создать базу данных и выработать новые подходы к проблемам энергосбережения, оценке и повышению энергоэффективности [1] и, в том числе, становлению и структурированию понятия «тепловая защита зданий». Проведенные теоретические и экспериментальные исследования легли в основу многочисленных научных публикаций и новых нормативных материалов (DIN 4108 Beiblatt 2. Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebuden – Wrmabrcken – Planungs- und Ausfhrungsbeispiele). Был накоплен обширный фактографический материал, требующий различных подходов в его оценке, в том числе, с использованием математического аппарата [2,3].

Современное развитие науки и техники, в связи со значительными и все возрастающими объемами информации и усложнившимися представлениями о характере протекающих процессов, невозможно представить без применения методов математической обработки и

математического моделирования. Вместе с тем, широкий круг проблем разнообразной тематики, актуальность которых обуславливается стоящими перед обществом современными задачами, в ряде случаев не имеет установившегося порядка их математической обработки [4].

Многочисленные наблюдения и эксперименты, представляющие собой представительный массив численной информации при их надлежащей обработке приведет к должному теоретическому осмыслению и установлению закономерностей, позволяющих прогнозировать тепловую защиту объектов, управлять ею и оптимизировать ее показатели с целью снижения энергопотребления при соблюдении требований комфортности окружающей среды для человека.

При построении теории явления, процесса или области технического познания и вычислении величин, непосредственно не наблюдаемых, но выводимых путем обработки априорной информации и результатов измерений, используются определенные математические методы и приемы, например, различные функциональные зависимости [3].

Известно, что функция может быть определена и представлена различными способами. Для выбора вида функциональной зависимости необходимо определить, какие математические зависимости связывают аргументы и функцию. Она может быть определена интегралом, либо дифференциальным уравнением и в этих случаях следует использовать численные методы или табулировать ее, или задавать граничные значения.

Следует учитывать, что, хотя табличные значения функций получаются и не в результате измерений, они также содержат погрешности, которые требуется оценивать. Использование вычислительной техники позволяет обрабатывать значительные объемы информации и, следовательно, делает необходимым использовать статистические методы, а наличие случайных погрешностей в результатах, обуславливаемых, в том числе,

---

многофакторностью изучаемых процессов в области, например, тепловой защиты, определяет использование теории вероятностей, необходимой также и в статистических вычислениях [5].

Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта его аналогом — математической моделью, и оперированию ею с целью получения сведений об этом объекте при помощи реализуемых на компьютерах программно-алгоритмических средств [6]. Одному и тому же объекту-оригиналу в зависимости от целей моделирования может соответствовать большое число моделей, отражающих разные его стороны средств. Для выбора оптимальной модели необходимо оценивать адекватность математической модели — способности отображать заданные свойства изучаемого сложного технического объекта с погрешностью, не выше заданной [7].

На входе на объект воздействуют факторы  $x_1 \dots x_k$ , задаваемые или анализируемые в процессе исследования. На выходе объекта наблюдают случайные величины  $y_1 \dots y_n$ , которые являются исследуемыми характеристиками (параметрами) объекта (рис. 1).

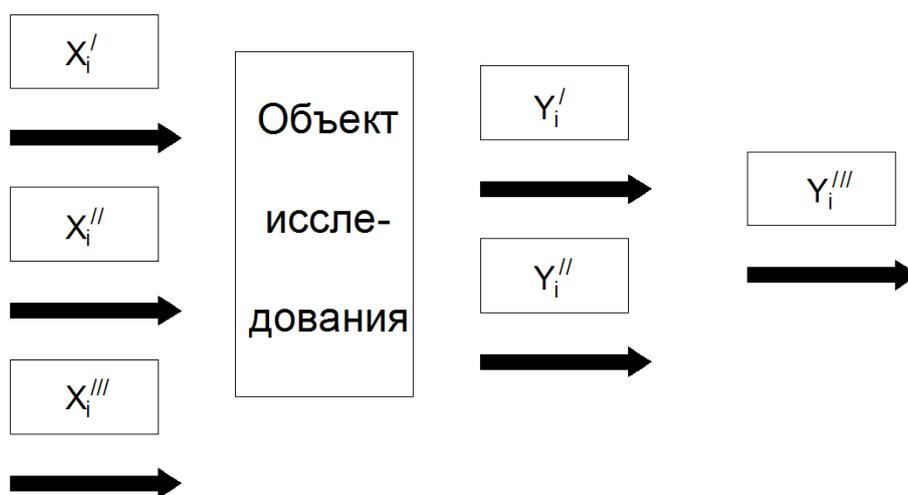


Рис. 1. – Блок-схема эксперимента

На рис. 1 представлена блок-схема многофакторного эксперимента. В данном случае факторов всего 3 (верхний индекс). Уровни задания факторов варьируются и обозначаются нижним индексом.

На рис. 2 представлена формализованная схема многофакторного эксперимента воздействия определяющих факторов на тепловую защиту объекта с различными функциями отклика.

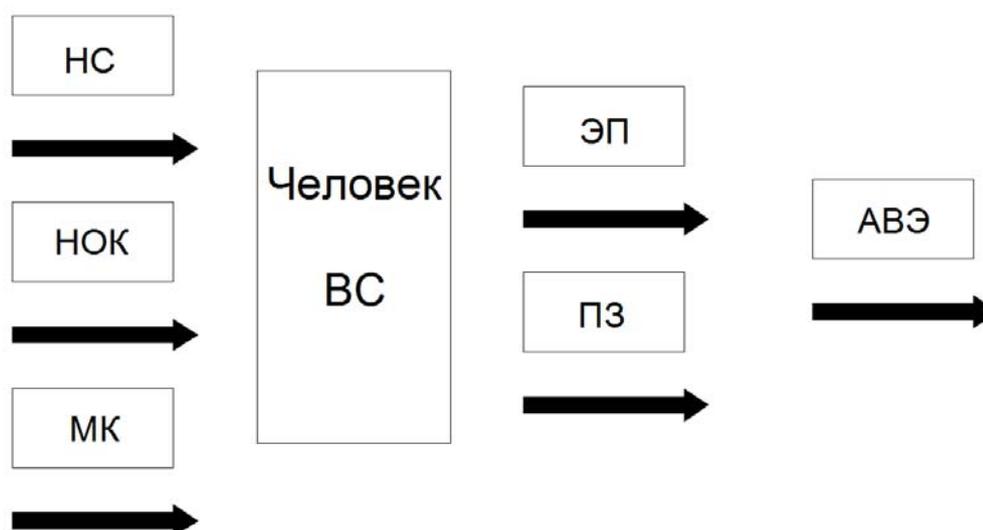


Рис. 2. – Формализованная схема многофакторного эксперимента:

НС - наружная окружающая среда; НОК – наружные ограждающие конструкции; МК – микроклимат помещения; ВС – внутренняя среда;  
ЭП – энергопотребление; ПЗ – приведенные затраты;  
АВЭ – антропогенное воздействие на экологию.

При исследовании процесса необходимо учитывать все существенные факторы. Если число факторов велико, то необходимо отсеять те факторы, которые оказывают незначительное влияние на параметры процесса при его оптимизации [8]. Отсеивание несущественных факторов производят на основе априорного ранжирования. Ранжирование факторов означает расположение факторов в упорядоченный ряд, например, в порядке убывания их влияния на функцию отклика.

---

В ходе предварительного эксперимента было осуществлено ранжирование определяющих факторов и сокращения их числа до двух:

- $X_1$  – факторы наружной среды (НС);
- $X_2$  – теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций (НОК).

В качестве функций отклика рассматривались энергопотребление (ЭП) и приведенные затраты (ПЗ).

В то же время, из рис. 2 следует, что нерассмотренными остаются факторы микроклимата (МК) и такая важная функция отклика, как антропогенное воздействие на экологию (АВЭ), что по сути, характеризует воздействие человека на наружную окружающую среду.

Математическая модель представляет собой функцию отклика

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_{12})$$

и связывает выходной параметр объекта с факторами. Различают искомую функцию отклика, которая для двух факторов, например, имеет вид

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2$$

и экспериментально полученную,

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2,$$

в которой коэффициенты  $b_i$  являются оценками коэффициентов искомой функции  $\beta_i$ .

Основное требование, которое предъявляется к модели, заключается в ее способности прогнозировать значение функции отклика с требуемой точностью. Следовательно, значения теоретической функции отклика должны отличаться от фактических не более, чем на некоторую заданную величину в пределах доверительной вероятности. Модель, удовлетворяющая этому требованию, называется *адекватной*.

Даже из упрощенной блок-схемы построения математической модели взаимодействия окружающей среды и человека (рис.2) следует, что имеется

необходимость применения кластерного подхода для оценки параметров энергосбережения зданий [9,10].

Назначение кластерного анализа – разбивка множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры. Это означает, что решается задача классификации данных и выявления соответствующей структуры в ней. Благодаря этому в дальнейшем представляется возможным создание комплексного документа, объединяющего, например, кластеры экологии, энергосбережения и тепловой защиты. Таким образом, при использовании методики кластерного подхода к оптимизации технических решений с повышением эколого-экономической эффективности энергосберегающей деятельности для жилых и гражданских зданий выполняется систематизация исходных данных, представляются параметры и критерии анализа, а также принятие решений в области энергосберегающей деятельности.

На данный момент времени не существует единого документа, способного учитывать все многообразие параметров, влияющих на энергосбережение. Имеются лишь отдельные нормативные документы, группа стандартов по экологическому менеджменту, энергоменеджменту, своды правил по энергетической защите, которые существуют по отдельности.

Требуется реорганизация стандартов, в результате которой должно произойти четкое разграничение между едиными обязательными мероприятиями, отраженными в стандартах, и дополнительными мероприятиями, которые выбираются на государственном уровне.

### **Литература**

1. Genschel U., Meerker W. Comparison of Maximum Likelihood and Median Rank Regression for Weibull Estimation. –Department of Statistika Iowa State Uniwersitet Ames. IA 50011-2010 year, pp.211-218.
-



2. Ливчак В.И. Еще один довод в пользу повышения теплозащиты зданий М.: АВОК. 2012. № 4. С.20-25.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы, 2010, № 12, с. 4–12.
4. Эконометрика: Учебник/ Под ред. И.И. Елисейевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
5. Shapiro A.F., Koissi M.C. Risk Assesment Applications of Fuzzy Logic. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries 2015, 43 p.
6. Булатов А.Е., Бородин А.И. Предпринимательский риск в системе экономических отношений // Инженерный вестник Дона, 2015, №2 ч.2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2989.
7. Т.А. Скорик, Г.Н. Соколова, Н.И. Галкина. Обоснование требований к системам пылеулавливания // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3887.
8. Финоченко Т.А., Семиглазова Е.А. Профессиональный риск на основе специальной оценки условий труда // Инженерный вестник Дона, 2017, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4355.
9. Мандель И. Д. Кластерный анализ. — М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
10. Олдендерфер М. С., Блэшфилд Р. К. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ.; Под. ред. Енюкова И. С. — М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

### References

1. Genschel U., Meerker W. Comparison of Maximum Likelihood and Median Rank Regression for Weibull Estimation. Department of Statistika Iowa State Uniwersitet Ames. IA 50011. 2010 year, pp. 211-218.
-



2. Livchak V.I. M.: AVOK. 2012. № 4. pp.20-25.
3. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Stroitel'nye materialy, 2010, №12, pp.4-12.
4. Jekonometrika [Econometrics]: Uchebnik. Pod red. I.I. Eliseevoj. M.: Finansy i statistika, 2002. 344p.
5. Shapiro A.F., Koissi M.C. Risk Assesment Applications of Fuzzy Logic. Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries 2015, 43 p.
6. Bulatov A.E., Borodin A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №2 ch.2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2989](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2989).
7. Skorik T.A., Sokolova G.N., Galkina N.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3887](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3887).
8. Finochenko T.A., Semiglazova E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4355](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4355).
9. Mandel' I. D. Klasternyj analiz [Cluster analysis]. M.: Finansy i statistika, 1988. 176 p.
10. Oldenderfer M. S., Bljeshfild R. K. Faktornyj, diskriminantnyj i klasternyj analiz [Factor, discriminant and cluster analysis]: per. s angl.; Pod. red. Enjukova I. S. M.: Finansy i statistika, 1989. 215 p.