



www.soupstock.in

Принципы построения алгоритма проведения экспериментального исследования и анализа полученных результатов

Г. А. Савенко, аспирант НИУ МГСУ

Ключевые слова: экспериментальное исследование, алгоритм, система приточной противодымной вентиляции

Работа над проведением экспериментальной части любого исследования требует четкого понимания алгоритма проведения испытаний, а также выверенной системы фиксации полученных данных. Массивы эмпирических данных необходимо обработать теми методами, которые позволят на основе полученных результатов представить анализ и сделать соответствующие выводы. Экспериментальная составляющая любых фундаментальных исследований открывает новые аспекты для продолжения изучения выбранной области.

Любая работа, выполняемая учеными, направлена на достижение главной цели – улучшение жизни всего человечества. Работа над описанием процессов фундаментальной физики, химии, биологии, математики и других дисциплин имеет колоссальное значение. Все знания, полученные, накопленные и развивающиеся в настоящее время, являются симбиозом двух неотъемлемых аспектов

науки – фундаментальных или теоретических исследований и их экспериментальных доказательств. Ряд существующих гипотез, в частности связанных с астрофизикой или квантовой механикой, опережают время и не могут быть проверены опытным путем. Однако исследуемая на базе НИУ МГСУ область науки, относящая к вопросу работы систем противодымной вентиляции, поддается проверке

выдвигаемых гипотез при помощи эксперимента. Представленные в одной из предыдущих статей [1] принципиальные схемы являлись моделями проводимых испытаний. Для того чтобы предотвратить дублирование материала, тезисно рассмотрим цель эксперимента для каждой схемы.

I. Рассмотреть режим работы системы приточной противодымной вентиляции в тамбур-

Таблица 1

Сводный массив эмпирических данных для исследуемых схем

№	I		II		III		IV	
	$P^{тш}$, Па	N , кг	$P^{тш}$, Па	N , кг	$P^{тш}$, Па	N , кг	$P^{тш}$, Па	N , кг
1	778	81,90	82	12,65	148	19,10	33	7,80
10	780	82,35	70	11,40	150	19,30	35	7,95
20	778	82	70	11,60	148	19,15	34	7,85
30	778	81,85	82	12,65	148	19,05	33	7,80
40	781	82,65	77	12,15	151	19,50	36	8,10
50	776	81,50	76	12	147	18,70	31	7,60
60	779	82,15	78	12,20	149	19,20	34	7,90
70	780	82,40	75	11,90	150	19,35	35	7,95
80	783	82,95	79	12,45	153	19,75	38	8,25
90	780	82,35	82	12,65	150	19,30	35	7,95
100	784	83,10	74	11,85	154	19,80	39	8,3

шлюзе при открытом и закрытом положении эвакуационной двери без установленного клапана избыточного давления (пример типового решения, используемого до 2020 года, при котором образовывался перепад давления, многократно превышающий диапазон 20–150 Па).

II. Рассмотреть режим работы системы приточной противодымной вентиляции в тамбуршлюзе при открытом и закрытом положении эвакуационной двери при установленном клапане избыточного давления (ввод в требования нормативного документа [2] несет рекомендательный характер, допускающий применение такого решения на возводимых объектах современного строительства, в частности это наиболее актуально для высотных зданий [3]).

III. Рассмотреть режим работы системы приточной противодымной вентиляции в тамбуршлюзе при открытом и закрытом положении эвакуационной двери без установленного клапана избыточного давления с полным давлением вентилятора до 150 Па (при помощи частотного

преобразователя добиться регулирования, при котором достижение допустимого перепада давления происходило бы за счет работы вентилятора, а не КИД).

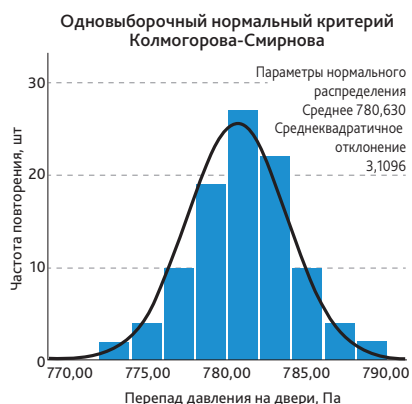
IV. Рассмотреть режим работы системы приточной противодымной вентиляции в тамбуршлюзе при открытом и закрытом положении эвакуационной двери при установленном клапане избыточного давления с полным давлением вентилятора до 150 Па (заключительный пример исследования вариаций компонентов и настройки оборудования при работе системы, включающий в себя совокупность предыдущих вариантов).

Любой эксперимент подразделяется на три основных этапа:

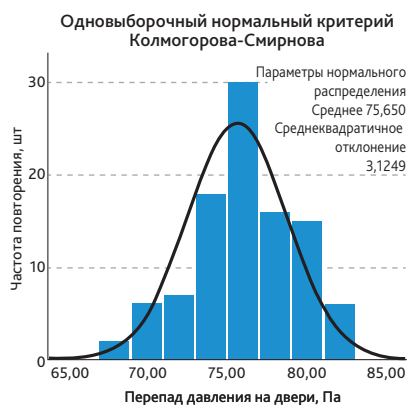
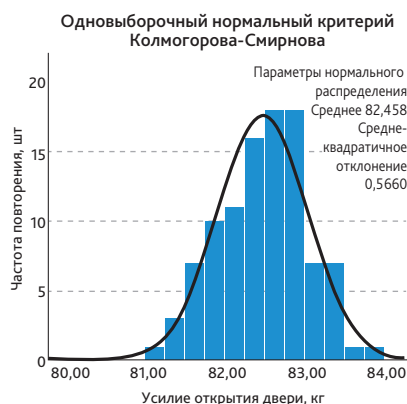
- подготовка к эксперименту (при правильном научном подходе закладывается не только алгоритм проведения испытаний и последовательность снятия рассматриваемых показателей, но также предварительные вычисления требуемого количества экспериментов, ожидаемых результатов и возможных отклонений);

- основной этап эксперимента (проведение предварительного пуска, анализ начальных показателей, а далее выверенная монотонная работа по повторению эксперимента и снятию требуемых значений либо при помощи приборов, либо при помощи специального оборудования);
- анализ полученных результатов (выбор метода обработки экспериментальных данных, анализ получившихся значений и предоставление результатов, которые имеют научное обоснование).

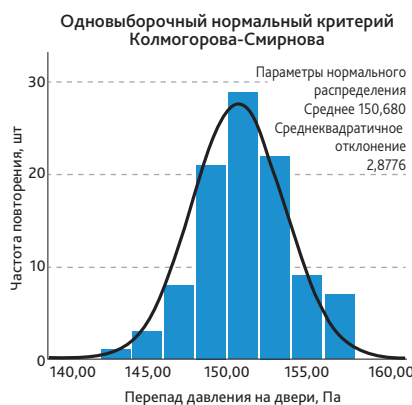
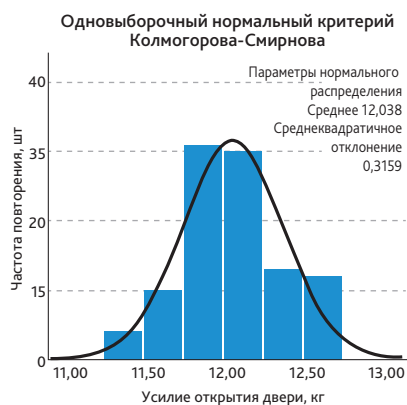
В данном случае было необходимо выявить зависимость образовавшегося перепада давления на эвакуационной двери тамбуршлюза при закрытом положении ($P^{тш}$, Па) и усилия открытия эвакуационной двери (N , кг) для каждой из представленных схем. Основная гипотеза заключается в том, что усилие открытия эвакуационной двери будет зависеть от образовавшегося перепада давления и эта связь будет иметь определяющий характер при выборе допустимого перепада давления на эвакуационной двери,



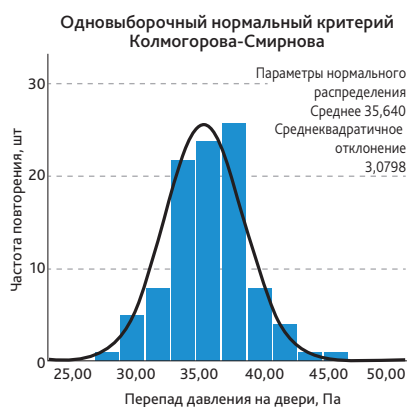
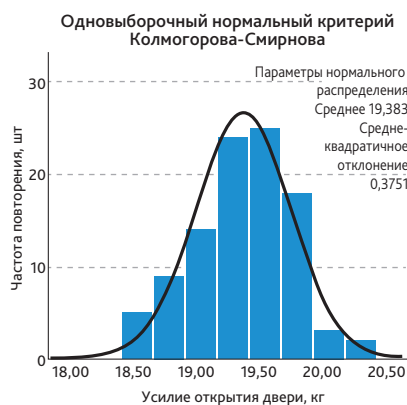
■ Рис. 1. Обработка данных по схеме I



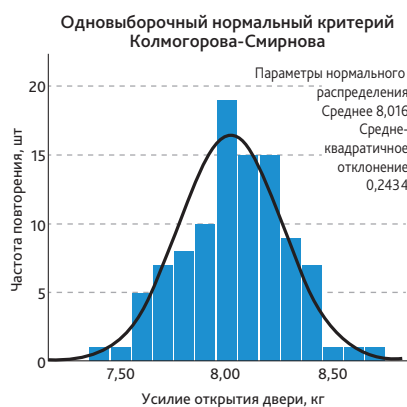
■ Рис. 2. Обработка данных по схеме II



■ Рис. 3. Обработка данных по схеме III



■ Рис. 4. Обработка данных по схеме IV



которое в данный момент не учитывает усилие установленного дверного доводчика (по предварительным измерениям прилагаемое усилие к исследуемой двери 2050×1050 мм составило 4,5 кг). Определение перепада давления выполнялось при помощи поверенного измерительного оборудования, а для оценки усилия открытия двери использовался динамометр. Опуская процедуру проведения эксперимента и получения массива эмпирических данных, рассмотрим результаты полученных значений, сведенных в табл. 1.

Для каждого испытания было проведено не менее 100 экспериментов (в табл. 1 представлен упрощенный вариант для отражения значения порядка рассматриваемых данных по каждой схеме).

Требуется подтвердить, что принятые данные являются количественными.

Количество испытаний попадает в диапазон от 50 до 1000 опытов и дает возможность воспользоваться одновыборочным анализом по критерию Колмогорова-Смирнова [4, 5].

Поскольку каждая выборка рассматривается отдельно для каждой принятой схемы, требуется выполнить анализ корреляции по критерию Пирсона [6].

Полученные результаты используются для проверки чувствительности [7] (требуемого числа экспериментов в зависимости от полученного числа критерия Пирсона).

Каждый из проводимых анализов оказывает различное воздействие на результат

Таблица 2

Анализ корреляции и чувствительности (мощности эксперимента)

Критерий анализа	I	II	III	IV
Коэффициент корреляции Пирсона (между перепадом давления и усилием открытия двери)	0,990*	0,985*	0,985*	0,987*
Требуемая мощность (минимальное число экспериментов)	n = 4**			

Примечание:

* высокий показатель корреляции; ** удовлетворительное число экспериментов (n < 100).

статистической обработки массивов эмпирических данных, но данный метод не делает выводов за исследователя, а лишь предоставляет результаты, которые предлагается совместно с уважаемыми читателями посмотреть и проанализировать.

При подготовке исследования был использован программный комплекс Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), позволяющий получить требуемые результаты по каждому из указанных методов обработки данных и оценить их на выведенных графиках, представленных на рис. 1–4.

Выполненный анализ корреляции по критерию Пирсона и анализ чувствительности сведены в табл. 2.

Рассмотрим последовательно каждый пункт обработки массивов эмпирических данных.

- Каждая выборка перепада давления и усилия открытия двери для схем I, II, III, IV представляет собой набор количественных данных (данные получены при помощи измерительных приборов и оборудования).
- Данные подчиняются нормальному распределению и допускают дальнейший анализ полученных результатов, доказав свою статистическую значимость при использовании однофакторного критерия Колмогорова–Смирнова.

- Анализ корреляции по критерию Пирсона показал высокую степень связи показателя перепада давления на эвакуационной двери и усилия ее открытия.
- Анализ чувствительности (мощности) выявил, что для корреляции по критерию Пирсона с полученным коэффициентом достаточно было провести четыре эксперимента.

Выводы

1. Гипотеза связи усилия открытия эвакуационной двери с образовавшимся перепадом давления была доказана обработкой методами статистического анализа эмпирических данных и обоснована результатами проведенных экспериментов.
2. Высокий показатель корреляции двух параметров указывает на необходимость учета усилия дверного доводчика при рассмотрении перепада давления на эвакуационной двери в защищаемом помещении тамбуршлюза при работе системы приточной противодымной вентиляции.
3. Требуется продолжить исследование на основе полученных результатов и выявить предельно допустимый показатель усилия открытия двери.

Литература

1. Бусахин А. В., Савенко Г. А. Разработка способов повышения безопасности при работе систем противодымной вентиляции. Часть 3. Экспериментальное исследование избыточного давления в защищаемом помещении при работе системы подпора дымоудаления в различных режимах [Электронный ресурс] – URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=8474.
2. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003» с Изменением № 1 (от 30.12.2020) [Электронный ресурс] – URL: <https://www.consultant.ru/>.
3. СП 253.1325800.2016 «Инженерные системы высотных зданий» с Изменением № 1 (от 04.02.2017) [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/>.
4. Колмогоров А. Н. Теория вероятностей и математическая статистика: Сб. статей. – М.: Наука, 1986.
5. Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика. Избранные труды. – М.: Наука, 1970.
6. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2012.
7. Ковалевский А. П. Статистические критерии: Учеб. пособие. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2022.