

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.09.2026 09:24:38
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт геологии и нефтегазодобычи

Кафедра кибернетических систем

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Методические рекомендации к курсовой работе
для студентов, обучающихся по направлению 15.03.04
«Автоматизация технологических процессов и производств»
заочной формы обучения

Составитель
Ю. А. Ведерникова

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6FA44C50384686A8E7BD5E27735179B8C
Владелец: Ефремова Вероника Васильевна
Действителен: с 14.06.2022 до 07.09.2023

Тюмень
ТИУ
2018

Методические рекомендации к курсовой работе по дисциплине «Моделирование систем и процессов» для студентов заочной и заочной ускоренной формы обучения, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» / сост. Ведерникова Ю. А.; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2018. – 34 с.

Методические рекомендации рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры кибернетических систем «18» января 2018 года, протокол № 6

Аннотация

Методические рекомендации к курсовой работе по дисциплине «Моделирование систем и процессов» для студентов заочной и заочной ускоренной формы обучения, обучающихся по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» составлены с учетом требований ФГОС. Методические рекомендации содержат задание с описанием хода выполнения курсовой работы, требования к содержанию и оформлению работы, направленные на формирование профессиональных компетенций.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Задание к курсовой работе	5
2 Планирование эксперимента.....	7
3 Описание программы абсорбер.....	9
4 Методика построения модели	13
4.1 Оценка точности результатов измерений	13
4.1.1 Определение основных статистических характеристик параллельных опытов.....	13
4.1.2 Проверка результатов измерений по критерию грубой ошибки	13
4.1.3 Определение дисперсии воспроизводимости	14
4.2 Расчет коэффициентов модели.....	15
4.3 Проверка модели на адекватность	16
5 Объем, содержание и оформление курсовой работы	18
5.1 Оформление курсовой работы.....	18
5.2 Содержание курсовой работы	21
5.3 Структура курсовой работы.....	22
Приложение А	23
Приложение Б	24
Приложение В.....	25
Приложение Г	26
Приложение Д.....	27
Приложение Е	28
Приложение Ж.....	30
Приложение И	31
Приложение К.....	32
Список рекомендуемой литературы.....	33

Введение

Моделирование – основной метод исследований во всех областях знаний, научно-обоснованный способ получения оценок параметров и изучения свойств технических систем, необходимых для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности.

Моделирование помогает понять и упорядочить результаты эмпирических наблюдений, создать логический каркас научной теории, обнаружить внутренние связи и соотношения между результатами эксперимента.

При построении математических моделей по экспериментальным данным в различных областях науки и прикладных задачах широко используется метод наименьших квадратов, позволяющий построить унифицированные модели для различных явлений.

Курсовая работа посвящена вопросам построения статических моделей технологических процессов и аппаратов. Служит закреплению у студентов навыков решения задач эмпирического моделирования, является логическим продолжением лекционного и лабораторного курсов "МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ", построена на основе знаний материала таких дисциплин, как "ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА", "ФИЗИКА", "ИЗМЕРЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА", "МЕТРОЛОГИЯ", "ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ".

Цель работы: Получение статической модели технологического аппарата (абсорбера) с использованием регрессионных процедур по методу наименьших квадратов.

1 Задание к курсовой работе

Для выполнения курсовой работы необходимо:

1. В соответствии с номером задания, указанным преподавателем, выбрать из таблицы 1.1 числовые данные;
2. Составить план эксперимента с учетом того, что для расчета модели необходимо получить:
 - $n = 25-30$ наборов входных и выходных параметров объекта.
 - три группы параллельных опытов по 10-15 опытов в каждой группе.

Для четного номера варианта необходимо провести одинаковое количество параллельных опытов в каждой группе, а для нечетного – различное.

Значения входных параметров для параллельных опытов выбирать произвольно.

3. Получить данные активного эксперимента, используя имитационную модель абсорбера (программа «АБСОРБЕР»).
4. По результатам эксперимента строится математическая модель абсорбера.
5. Проверку модели на адекватность произвести с помощью критерия Фишера и по корреляционной функции остатков.

Таблица 1.1 - Таблица выбора задания

Номер задания	Номер варианта	Кратность помехи	G (м³/с)	T (°C)	L (м³/с)	X (кг/м³)	α
1	1	2	var	5	var	22	5
2	4	3	10000	var	var	34	10
3	2	2	var	10	34	var	5
4	3	4	20000	var	48	var	10
5	3	1	25000	var	70	var	5
6	4	2	20000	var	var	50	10
7	1	3	var	25	var	45	10
8	3	2	10000	var	56	var	5
9	2	2	var	17	67	var	5
10	1	1	var	27	var	48	10
11	4	4	12000	var	var	28	10
12	3	3	28000	var	57	var	5
13	4	2	19000	var	var	36	5
14	1	4	var	9	var	44	5
15	3	3	23000	var	32	var	5
16	2	3	var	24	44	var	10
17	2	4	var	20	61	var	5

Продолжение таблицы 1.1.

Номер задания	Номер варианта	Кратность помехи	G (м³/с)	T (°C)	L (м³/с)	X (кг/м³)	α
18	3	4	16000	var	55	var	10
19	4	3	26000	var	var	28	10
20	1	3	var	13	var	32	5
21	3	1	29000	var	60	var	10
22	2	3	var	30	35	var	10
23	4	2	14000	var	var	41	10
24	1	2	var	11	var	47	5
25	4	1	17000	var	var	21	10
26	3	3	12000	var	40	var	10
27	4	4	25000	var	var	34	10
28	2	3	var	17	58	var	5
29	1	2	var	21	var	24	5
30	2	4	var	7	33	var	10

2 Планирование эксперимента

На соответствующие входы абсорбера поступают природный газ и жидкий абсорбент. С выхода осушенный газ отбирается на компримирование и подачу в систему магистральных газопроводов.

Независимые (варьируемые) параметры процесса осушки газа и предельные значения для них приведены в таблице 2.2. Расход осушенного газа (Y , м³/час) на выходе абсорбера является зависимым параметром.

Таблица 2.2 - Входные параметры процесса абсорбции.

Параметр	Пределы измерения.
температура газа (T , °C)	5 - 30
расход газа (G , м ³ /час)	10000 - 30000
концентрация абсорбента (X , кг/м ³)	20 - 50
расход абсорбента (L , м ³ /час)	30 - 70

В каждом варианте задания два из четырёх входных параметров считаются постоянными. Поэтому модель, которая должна быть получена в результате выполнения курсовой работы, будет двухпараметрической. Например, для задания №6 уравнение регрессии задается вариантом №4 $Y = f(T, L)$, где G и X - константы, а T и L - переменные (variable).

Для составления плана эксперимента диапазоны изменения варьируемых параметров разбиваются на равные интервалы. Число интервалов и их ширина выбираются таким образом, чтобы было получено $r = 25-30$ комбинаций входных параметров. Например, план эксперимента для варианта №3 представлен в таблице 2.3. Такой план включает все возможные комбинации входных параметров. Температура газа изменяется в пределах от 5 до 30 °C. Разбиваем этот диапазон на 5 интервалов по 5°С, получая, таким образом, $l = 6$ значений. Диапазон изменения расхода абсорбента - от 30 до 70 м³/ч - разбиваем на 4 диапазона по 10 м³/ч каждый, получая $k=5$ значений. Общее число экспериментов $r = k \cdot l = 5 \cdot 6 = 30$. На этом плане произвольно выбирается 3 точки, в которых будут проводиться параллельные опыты (отмечены знаком **×**).

С целью получения экспериментальных данных для расчета модели объекта в соответствии с составленным планом необходимо провести активный эксперимент, используя имитационную модель абсорбера (программа АБСОРБЕР).

Таблица 2.3 - План эксперимента

L	T	5	10	15	20	25	30
30					×		
40			×				
50							
60							
70						×	

3 Описание программы абсорбер

Запускающим файлом программы является abs.exe. Программа выводит на экран графическое изображение газового абсорбера (Рисунок 3.1).

Работа с программой начинается с задания номера варианта, выбираемого из таблицы 1.1. Номер варианта определяет функцией каких входных переменных будет значение выходной переменной Y .

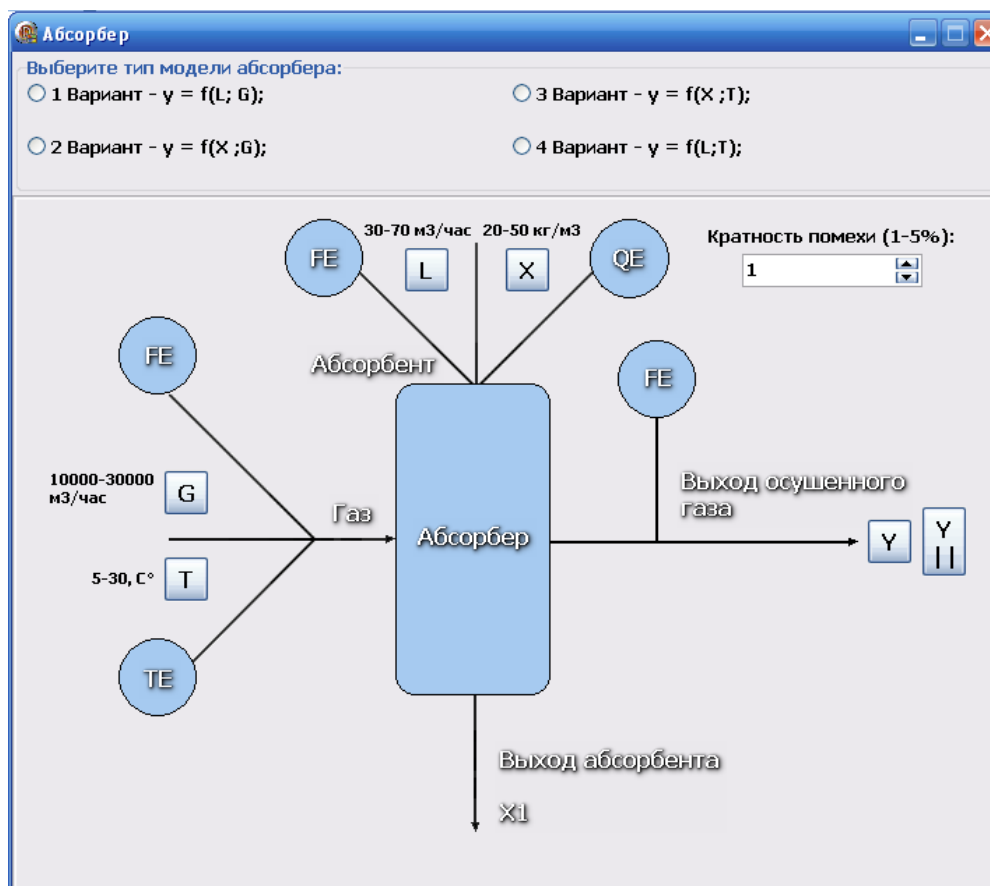


Рисунок 3.1 – Графический интерфейс программы «Абсорбер»

После задания программе номера варианта появится курсор в поле "Кратность помехи", куда следует ввести данную величину из таблицы 1.1.

Далее последовательно выбираются и задаются две независимые переменные, заданные в таблице 1.1 константами. Для выбора параметра необходимо:

- щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке с обозначением параметра;

- в всплывающем окне «Изменить данные» (рисунок 3.2) задать числовое значение;
- нажать кнопку «Сохранить»;
- закрыть окно изменения данных.

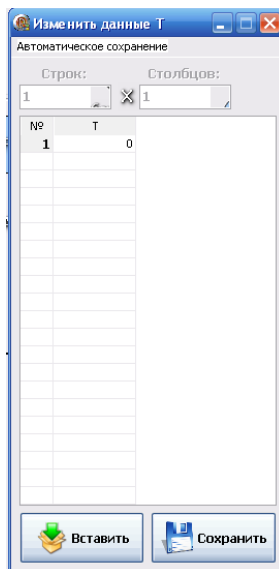


Рисунок 3.2 – Всплывающее окно изменения данных

После задания постоянных входных параметров в соответствии с планом эксперимента вводятся значения двух варьируемых переменных. Для этого необходимо:

- щелкнуть левой кнопкой мыши на кнопке с обозначением параметра;
- в всплывающем окне «Изменить данные» (рисунок 3.3) задать число строк, соответствующее числу значений параметра на плане эксперимента;
- задать числовые значения параметра, указанные на плане эксперимента;
- нажать кнопку «Сохранить»;
- закрыть окно изменения данных.

После задания всех четырех входных параметров необходимо:

- нажать кнопку ;
- сохранить данные в формате .xls нажатием кнопки ;
- в окне сохранения данных (рисунок 3.4) выбрать папку для сохранения, указать имя файла и выбрать лист таблицы Excel;
- нажать кнопку .

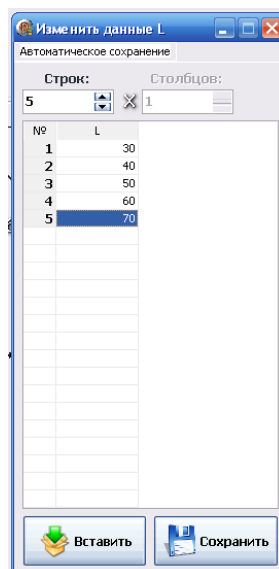


Рисунок 3.3 – Задание значений варьируемого параметра в окне изменения данных

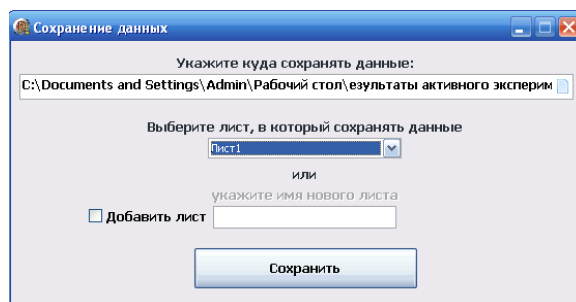


Рисунок 3.4 – Окно сохранения данных

Вторым этапом является проведение параллельных опытов в точках, отмеченных на плане эксперимента знаком **X**. При проведении параллельных опытов на вход объекта подаются одинаковые комбинации входных параметров, что позволяет оценить воспроизводимость эксперимента. Для чего последовательно для каждой точки необходимо:

- задать по одному значению (в соответствии с планом эксперимента) обоих варьируемых параметров. Для этого в окне изменения значений параметра число строк задать равным 1;
- нажать кнопку ;
- указать количество параллельных опытов (рисунок 3.5);
- сохранить результаты опытов.

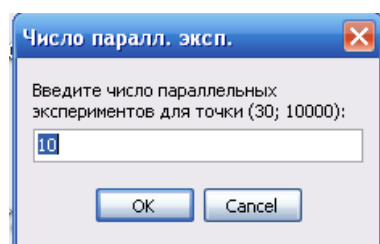


Рисунок 3.5 – Окно задания числа параллельных опытов

Таким образом, в результате проведения эксперимента, должно быть получено два набора входных и выходных параметров абсорбера:

- для различных комбинаций входных параметров, который будет использоваться для построения модели;
- три группы параллельных опытов при фиксированных значения входных параметров, по которым будет производиться оценка точности измерений.

4 Методика построения модели

4.1 Оценка точности результатов измерений

4.1.1 Определение основных статистических характеристик параллельных опытов

Для каждой группы параллельных опытов определяются следующие статистические характеристики:

1. Максимальное значение - $y_{\max}$;
2. Минимальное значение - $y_{\min}$;
3. Среднее значение - $\bar{y}_{cp} = \sum_{i=1}^n y_i / n$, где число опытов в данной группе (объем выборки);
4. Дисперсия - $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{cp})^2}{n - 1}$;
5. Среднее квадратичное отклонение $\sigma = \sqrt{S^2}$.

4.1.2 Проверка результатов измерений по критерию грубой ошибки

Для оценки выборочных данных по критерию наличия грубой ошибки (R критерий) для каждой выборки, полученной в результате проведения параллельных опытов, вычисляются величины:

$$R_{\max} = \frac{|y_{\max} - y_{cp}|}{\sigma} \text{ и } R_{\min} = \frac{|y_{\min} - y_{cp}|}{\sigma}.$$

Расчетные значения $R_{\max}$ и $R_{\min}$ сравниваются с $R_{кр}$. (приложение И). Табличное значение $R_{кр}$ выбирают для уровня значимости α и числа степеней свободы $f = n - 1$, где n - объем выборки.. Если

$$R_{\max} < R_{кр} \text{ (или } R_{\min} < R_{кр} \text{)}$$

принимают, что отклонение $y_{\max}$ (или $y_{\min}$) определяется случайными явлениями и принадлежит данной генеральной совокупности, в противном случае результат отбрасывается как грубый промах и оценку по R-

критерию повторяют для следующего $y_{\max}$ (или $y_{\min}$) с пересчитанными значениями основных статистических характеристик.

4.1.3 Определение дисперсии воспроизводимости

Дисперсию воспроизводимости ($S_{\text{воспр}}^2$) определяют путём сравнения выборочных дисперсий для параллельных опытов. При одинаковом числе опытов во всех выборках для сравнения дисперсий пользуются критерием Кохрена, а при различном числе - критерием Бартлета.

Критерий Кохрена. Рассчитывается значение

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^3 S_i^2};$$

и сравнивается с $G_{кр}$ (приложение Ж), выбранным для числа сравниваемых дисперсий и числа степеней свободы f , с которым определена каждая дисперсия. Если $G < G_{кр}$, сравниваемые дисперсии можно считать однородными, следовательно их можно усреднить. А значит дисперсия воспроизводимости

$$S_{\text{воспр}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i^2}{3}.$$

Критерий Бартлета. Рассчитывается средневзвешенное значение дисперсии:

$$S_y^2 = \frac{f_1 S_1^2 + f_2 S_2^2 + f_3 S_3^2}{f_1 + f_2 + f_3} = \frac{\sum_{i=1}^3 f_i S_i^2}{f}$$

и величины

$$B = 2.303 \cdot \left(f \cdot \lg S_y^2 - \sum_{i=1}^3 f_i \cdot \lg S_i^2 \right)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right)$$

где n - число сравниваемых дисперсий.

Если выполняется равенство

$$\frac{B}{C} < \chi_{1-p}^2$$

где χ_{1-p}^2 - табличное значение для χ^2 с $n-1$ степенями свободы (приложение К),

различия между дисперсиями можно считать не значимыми, а сами дисперсии - однородными. В качестве дисперсия воспроизводимости в этом случае можно использовать средневзвешенную дисперсию:

$$S_{воспр}^2 = S_y^2.$$

Если при сравнении дисперсий по критерию Кохрена или по критерию Бартлета принято решение о значимом различии между дисперсиями, то в качестве дисперсии воспроизводимости выбирают меньшую из сравниваемых дисперсий.

Значение $S_{воспр}^2$, определённое на этом этапе, в последующем используется для оценки адекватности построенной математической модели.

4.2 Расчет коэффициентов модели

Процесс создания модели начинается с выбора типа модели и, как правило, на первом этапе останавливаются на линейном варианте в форме алгебраического многочлена:

$$y = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 \quad (1)$$

где b_1, b_2 - неизвестные коэффициенты модели,

x_1, x_2 - варьируемые входные параметры объекта.

Поиск неизвестных коэффициентов осуществляют с помощью регрессии по методу наименьших квадратов [1,2,6]. При выполнении курсовой работы для расчета коэффициентов модели можно использовать пакеты прикладных программ - например, Microsoft Excel [7], MathCAD [4], MatLab [2], STATGRAPHICS [8] и др.

После вычисления неизвестных коэффициентов рассчитывают остаточную дисперсию:

$$S_{ост}^2 = \frac{\sum_{i=1}^r (y_i - \hat{y}_i)^2}{r - p - 1},$$

где y_i - экспериментальное значение выходного параметра для определенных входных сигналов;

$\hat{y}_i$ - величина выходного параметра, рассчитанного по модели при тех же значениях входных сигналов;

p - число коэффициентов в уравнении модели;

r - число экспериментальных значений, по которым производился расчет коэффициентов модели.

4.3 Проверка модели на адекватность

Значения коэффициентов в уравнении регрессии (1), полученные по методу наименьших квадратов, являются оптимальными для выбранной математической модели, однако не всегда корректно останавливаться на этом. Процесс создания модели должен заканчиваться объективной оценкой, насколько точно построенная модель описывает идентифицируемый объект.

Проверка модели на адекватность производится путём сравнения суммы квадратов отклонений экспериментальных данных от рассчитанных по модели (остаточная дисперсия $S_{ост}^2$) с показателем точности проводимых измерений (дисперсия воспроизводимости $S_{воспр}^2$). Подобная процедура известна в теории регрессионного анализа под названием "критерий Фишера" (F - критерий). С помощью этого критерия производят сравнение двух дисперсий, рассчитывая отношение большей дисперсии к меньшей и сравнивая полученный результат с табличным значением. $F_{кр}$ (приложение Е), выбранным для уровня значимости α и чисел степеней свободы f_1 и f_2 для $S_{ост}^2$ и $S_{воспр}^2$ соответственно ($f_1 = r - p - 1$, $f_2 = n - 1$).

$$F = \frac{S_{ост}^2}{S_{воспр}^2},$$

Если $F < F_{кр}$, то с достоверностью в $(1 - \alpha) \cdot 100\%$ считают модель адекватной объекту, если нет - с той же достоверностью вероятно противоположное утверждение.

В случае, когда адекватность модели не подтвердилась, необходимо вернуться к началу п.4.2 и изменить вид модели. Чаще всего в такой ситуации просто увеличивают порядок модели и весь последующий расчет повторяют.

Проверка адекватности модели по корреляционной функции остатков производится для подтверждения результатов, полученных по критерию Фишера. Для этого строится график корреляционной функции, рассчитанной по формуле:

$$R_{\varepsilon}(\tau) = \frac{1}{r - \tau} \sum_{i=1}^{r-\tau} \dot{\varepsilon}_i \cdot \dot{\varepsilon}_{i+\tau},$$

где r – число опытов;

$\dot{\varepsilon}_i$ - остатки, определяемые как $\dot{\varepsilon}_i = y_i - \hat{y}_i$.

По графику корреляционной функции определяется интервал корреляции. Для адекватной модели корреляции в остатках наблюдаться не должно.

5 Объем, содержание и оформление курсовой работы

5.1 Оформление курсовой работы

Данные рекомендации по оформлению курсовой работы составлены согласно ГОСТ 7.32-2001.

Курсовая работа выполняется машинописным способом с помощью компьютера через полтора межстрочных интервала. Высота букв и цифр должна быть не менее 1.8 мм (шрифт Times New Roman, размер шрифта - 14 пт). Рекомендуемый объем 20-25 страниц.

Текст курсовой работы оформляется с соблюдением полей страницы: расстояние от кромки листа до границы текста сверху и снизу должно быть соответственно 20 и 20 мм, слева оставляются поля 30 мм, справа - 10 мм, расстояние между заголовками и текстом на страницах - 10÷15 мм.

Текстовая часть курсовой работы делится на разделы, подразделы, пункты и подпункты, которые должны быть пронумерованы арабскими цифрами. Например: 1. - первый раздел, 1.2. - второй подраздел первого раздела; 1.2.3. - третий пункт второго подраздела из первого раздела и т.д.

Заголовки разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая, шрифт жирный. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Содержащиеся в тексте пункта или подпункта перечисления обозначают знаком дефис (-).

Пример:

-.....;

-.....

При необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений, строчной буквой (за исключением ё, з, о, г, ь, й, ы, ь), после которой ставится скобка. Для дальнейшей детализации перечислений необходимо использовать арабские цифры со скобкой с абзацного отступа, как показано в примере.

Пример

а);

б);

1);

2);

в).....

Реферат, содержание, введение, разделы текста курсовой работы, заключение, список использованных источников следует начинать с новой страницы прописными буквами.

Содержание включает наименование всех разделов, подразделов, пунктов с указанием номеров страниц. Пример содержания курсовой работы приведен в приложении В.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой научно-технической проблемы, обоснование необходимости проведения работы. Во введении должны быть показаны актуальность и новизна темы.

Заключение должно содержать краткие выводы по всем разделам работы.

Список использованных источников должен содержать порядковый номер, который в тексте записки (в месте его упоминания) следует приводить в квадратных скобках ([]). Пример списка использованных источников приведен в приложении Д.

Все расчеты должны быть выполнены с использованием Международной Системы Единиц (СИ).

Формулы и уравнения должны быть созданы при помощи Microsoft Equation и иметь сквозную нумерацию. Допускается нумерация формул в пределах раздела. Нумерация формул дается арабскими цифрами в круглых скобках и размещается справа от формулы на одном с ней уровне в конце строки.

Пример обозначения формулы, нумерация которой производится в пределах раздела:

$$Q = k\sqrt{\Delta p}, \quad (1.2)$$

где: k – коэффициент пропорциональности;

Δp – перепад давления.

(1 – номер раздела, 2 – порядковый номер в разделе).

В тексте перед обозначением какого-либо параметра дается его пояснение с учетом буквы обозначения, например: давление (P), температура (T) и т.д.

Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+) или минус (–), умножения ($\times$), деления ($:$), причём знак в начале следующей строки повторяют.

Применяемые формулы и справочные данные обязательно должны иметь ссылки на источники их получения.

Проведенные расчеты иллюстрируются схемами, графиками, выполненными с помощью компьютерной графики. Схемы, рисунки, графики и т.п. должны быть единообразными по оформлению и размещаться по тексту сразу же после ссылки на них.

Таблицы и рисунки имеют сквозную нумерацию и сопровождаются краткой надписью. Допускается нумерация таблиц и рисунков в пределах раздела.

Нумерация таблиц размещается в левом верхнем углу в одну строку через тире с названием таблицы. Заголовки граф и строк следует писать с прописной буквы.

Пример обозначения таблицы, нумерация которой производится в пределах раздела.

Таблица 1.2 – Название таблицы

№	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
1	Расход газа	$\text{м}^3/\text{с}$	100
2	Температура газа	$^{\circ}\text{C}$	15

При переносе части таблицы на другую страницу пишут слово “Продолжение”. Например:

Продолжение таблицы 1.2

№	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
3	Концентрация ДЭГа	$\text{кг}/\text{м}^3$	10

Допускается применять размер шрифта в таблице меньший, чем в тексте.

Рисунки следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Рисунки должны иметь название, которое помещают под рисунком, ниже помещают поясняющие данные (подрисующий текст).

Рисунок обозначается словом «Рисунок», которое ставится перед поясняющими данными. Если нумерация производится в пределах раздела, например, Рисунок 1.2., то цифра 1 - номер раздела, цифра 2 - порядковый номер рисунка (приложение Г).

Страницы в курсовой работе должны иметь сквозную нумерацию, начиная с титульного листа (на титульном листе номер страницы не ставится), включая все страницы с рисунками, таблицами, приложениями. Нумерация страниц указывается внизу страницы в центре без точки в конце.

Приложения оформляются как продолжение пояснительной записки на последующих страницах. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием сверху по центру страницы прописными буквами слова «ПРИЛОЖЕНИЕ», обозначенное буквами, например «ПРИЛОЖЕНИЕ А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, М» (за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ).

Каждое приложение сопровождается заголовком.

5.2 Соде

5.3 ржание курсовой работы

Курсовая работа должна содержать следующие разделы:

1. Краткое описание технологического процесса.

В этом разделе необходимо привести характеристику процесса абсорбции, описать его физико-химическую сущность, принцип действия и основные технические характеристики абсорберов.

2. Результаты активного эксперимента.

В этом разделе необходимо привести две таблицы, полученные в результате проведения экспериментов с программной моделью абсорбера (программа «АБСОРБЕР»):

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета модели.

№ опыта	Расход газа, м ³ /час	Температура газа, °С	Концентрация абсорбента, кг/м ³

Таблица 2.2 – Результаты параллельных опытов

№ опыта	Измерения расхода газа для T=15 °С и X=35 кг/м ³	Измерения расхода газа для T=20 °С и X=35 кг/м ³	Измерения расхода газа для T=15 °С и X=40 кг/м ³

3. Проверка точности проведенных экспериментов.

В этом подразделе должны быть приведены результаты проверки данных параллельных экспериментов по критерию грубой ошибки и расчеты и вывод по сравнению выборочных дисперсий и определению дисперсии воспроизводимости.

4. Построение математической модели абсорбера.

Результаты расчета моделей удобно свести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты расчетов моделей

Вид модели	Коэффициенты				S ² _{ост}	F
	b ₁	b ₂	...	b _k		

5. Проверка модели на адекватность.

Проверка адекватности полученных результатов должна быть выполнена по критерию Фишера и по корреляционной функции остатков.

5.4 Структура курсовой работы

Структура курсовой работы должна быть следующей:

- Титульный лист (пример - приложение А);
- Задание к курсовой работе;
- Реферат (пример - приложение Б);
- Содержание (пример - приложение В);
- Введение;
- Основные разделы (см. п. 5.2);
- Заключение;
- Список использованных источников (пример – приложение Е);
- Приложения (необязательны).

Курсовая работа брошюруется в специальной папке или переплетается.

ПРИМЕР ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Геологии и Нефтегазодобычи
Кафедра кибернетических систем

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
«МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»

на тему
«ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АБСОРБЕРА»
(Вариант № 1)

Выполнил: студент гр. АТПзс-

Проверил: к.т.н., доцент каф КС
Ведерникова Ю.А.

Дата защиты :

Тюмень 2017

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ РЕФЕРАТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Реферат

Курсовая работа 19 с., 6 рисунков, 5 таблиц, 11 источников, 2 приложений.

МОДЕЛЬ, АБСОРБЕР, РЕГРЕССИЯ, МЕТОД НАИМЕНЬШИХ
КВАДРАТОВ, АДЕКВАТНОСТЬ, КРИТЕРИЙ ФИШЕРА

Объектом исследования абсорбер – аппарат для осушки газа.

В работе получена статическая модель абсорбера в виде зависимости расхода осушенного газа от температуры газа и концентрации абсорбента.

Все расчеты, приведенные в работе, производились с использованием программного продукта MATLAB 7.0.1 компании MathWorks, Inc.

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ

Содержание	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОСУШКА ГАЗА АБСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ	5
2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АКТИВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....	8
2.1. Проверка точности проведенных экспериментов.....	8
2.2. Определение дисперсии воспроизводимости.....	10
3. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АБСОРБЕРА.....	14
3.1. Определение порядка и расчет коэффициентов модели.....	14
3.2. Проверка модели на адекватность.....	17
3.2.1. По критерию Фишера.....	18
3.2.2. По корреляционной функции остатков.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Текст m-файла расчета статистических характеристик..	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Текст m-файла МНК.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Текст m-файла проверки по F-критерию.....	25

ПРИМЕР ОБОЗНАЧЕНИЯ РИСУНКА

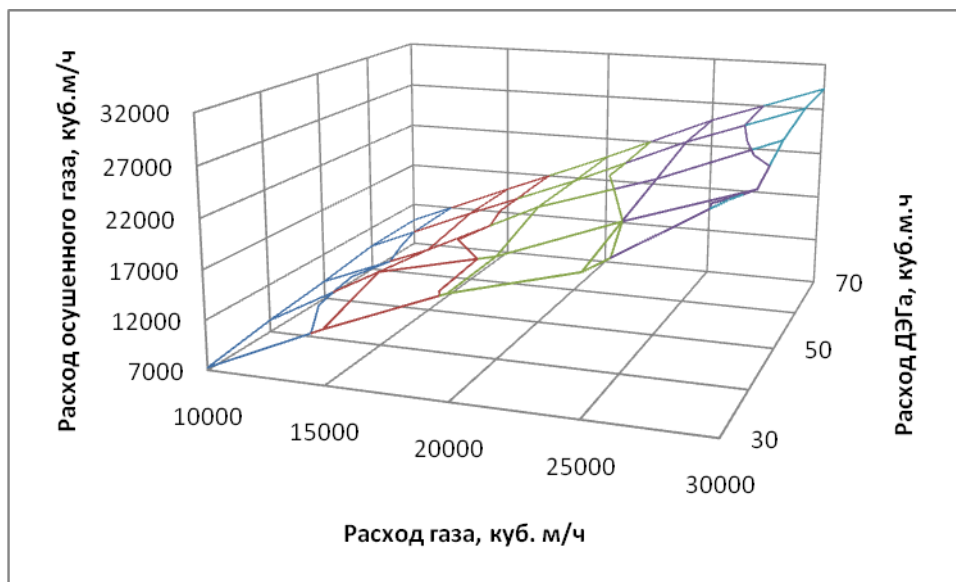


Рисунок 4.1 – Зависимость расхода осушенного газа от расхода сырого газа и расхода абсорбента

ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ СПИСКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Список использованных источников

1. Пащенко Ф.Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: Учебное пособие: В 2-х частях Часть 1. Математические основы моделирования систем.- М.: Финансы и статистика, 2006.-328 стр.: ил.
2. Иглин С.П. Математические расчеты на базе MATLAB.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-640 с.: ил.
3. Курбатова Е.А. MATLAB 7. Самоучитель.- М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.- 256 с., ил.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы: Пер. с англ.- М.: Лань, 2003.-823 с.
5. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.exponenta.ru> (Дата обращения 15.03.13).

Приложение Е

КВАНТИЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИШЕРА

a=0.10		число степеней свободы f1																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
число степеней свободы f2	1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,91	59,44	59,86	60,19	60,50	60,71	61,22	61,74	62,00	62,26	62,53	62,79	63,06
	2	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,33	9,35	9,37	9,38	9,39	9,40	9,41	9,42	9,44	9,45	9,46	9,47	9,47	9,48
	3	5,54	5,46	5,39	5,34	5,31	5,28	5,27	5,25	5,24	5,23	5,22	5,22	5,20	5,18	5,18	5,17	5,16	5,15	5,14
	4	4,54	4,32	4,19	4,11	4,05	4,01	3,98	3,95	3,94	3,92	3,91	3,90	3,87	3,84	3,83	3,82	3,80	3,79	3,78
	5	4,06	3,78	3,62	3,52	3,45	3,40	3,37	3,34	3,32	3,30	3,28	3,27	3,24	3,21	3,19	3,17	3,16	3,14	3,12
	6	3,78	3,46	3,29	3,18	3,11	3,05	3,01	2,98	2,96	2,94	2,92	2,90	2,87	2,84	2,82	2,80	2,78	2,76	2,74
	7	3,59	3,26	3,07	2,96	2,88	2,83	2,78	2,75	2,72	2,70	2,68	2,67	2,63	2,59	2,58	2,56	2,54	2,51	2,49
	8	3,46	3,11	2,92	2,81	2,73	2,67	2,62	2,59	2,56	2,54	2,52	2,50	2,46	2,42	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32
	9	3,36	3,01	2,81	2,69	2,61	2,55	2,51	2,47	2,44	2,42	2,40	2,38	2,34	2,30	2,28	2,25	2,23	2,21	2,18
	10	3,29	2,92	2,73	2,61	2,52	2,46	2,41	2,38	2,35	2,32	2,30	2,28	2,24	2,20	2,18	2,16	2,13	2,11	2,08
	11	3,23	2,86	2,66	2,54	2,45	2,39	2,34	2,30	2,27	2,25	2,23	2,21	2,17	2,12	2,10	2,08	2,05	2,03	2,00
	12	3,18	2,81	2,61	2,48	2,39	2,33	2,28	2,24	2,21	2,19	2,17	2,15	2,10	2,06	2,04	2,01	1,99	1,96	1,93
	13	3,14	2,76	2,56	2,43	2,35	2,28	2,23	2,20	2,16	2,14	2,12	2,10	2,05	2,01	1,98	1,96	1,93	1,90	1,88
	14	3,10	2,73	2,52	2,39	2,31	2,24	2,19	2,15	2,12	2,10	2,08	2,05	2,01	1,96	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83
	15	3,07	2,70	2,49	2,36	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,06	2,04	2,02	1,97	1,92	1,90	1,87	1,85	1,82	1,79
	16	3,05	2,67	2,46	2,33	2,24	2,18	2,13	2,09	2,06	2,03	2,01	1,99	1,94	1,89	1,87	1,84	1,81	1,78	1,75
	17	3,03	2,64	2,44	2,31	2,22	2,15	2,10	2,06	2,03	2,00	1,98	1,96	1,91	1,86	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72
	18	3,01	2,62	2,42	2,29	2,20	2,13	2,08	2,04	2,00	1,98	1,96	1,93	1,89	1,84	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69
	19	2,99	2,61	2,40	2,27	2,18	2,11	2,06	2,02	1,98	1,96	1,94	1,91	1,86	1,81	1,79	1,76	1,73	1,70	1,67
	20	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	2,09	2,04	2,00	1,96	1,94	1,92	1,89	1,84	1,79	1,77	1,74	1,71	1,68	1,64
	22	2,95	2,56	2,35	2,22	2,13	2,06	2,01	1,97	1,93	1,90	1,88	1,86	1,81	1,76	1,73	1,70	1,67	1,64	1,60
	24	2,93	2,54	2,33	2,19	2,10	2,04	1,98	1,94	1,91	1,88	1,85	1,83	1,78	1,73	1,70	1,67	1,64	1,61	1,57
	26	2,91	2,52	2,31	2,17	2,08	2,01	1,96	1,92	1,88	1,86	1,84	1,81	1,76	1,71	1,68	1,65	1,61	1,58	1,54
	28	2,89	2,50	2,29	2,16	2,06	2,00	1,94	1,90	1,87	1,84	1,81	1,79	1,74	1,69	1,66	1,63	1,59	1,56	1,52
	30	2,88	2,49	2,28	2,14	2,05	1,98	1,93	1,88	1,85	1,82	1,79	1,77	1,72	1,67	1,64	1,61	1,57	1,54	1,50
	40	2,84	2,44	2,23	2,09	2,00	1,93	1,87	1,83	1,79	1,76	1,73	1,71	1,66	1,61	1,57	1,54	1,51	1,47	1,42
	60	2,79	2,39	2,18	2,04	1,95	1,87	1,82	1,77	1,74	1,71	1,68	1,66	1,60	1,54	1,51	1,48	1,44	1,40	1,35
	120	2,75	2,35	2,13	1,99	1,90	1,82	1,77	1,72	1,68	1,65	1,62	1,60	1,55	1,48	1,45	1,41	1,37	1,32	1,26

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Е

$\alpha=0.05$		число степеней свободы f_1																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60	120
число степеней свободы f_2	1	161	200	216	225	230	234	237	239	271	242	243	244	246	248	249	250	251	252	253
	2	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,3	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
	3	10,1	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	8,59	8,57	8,55
	4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66
	5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,71	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40
	6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70
	7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27
	8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97
	9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75
	10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58
	11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45
	12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34
	13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25
	14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18
	15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11
	16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06
	17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01
	18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97
	19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93
	20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90
	22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84
	24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,21	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,79
	26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75
	28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71
	30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68
	40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58
	60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47
	120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,87	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35

КВАНТИЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОХРЕНА^{*)}

<i>n</i>	<i>f</i>													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	36	144	∞
2	9985	9750	9392	9057	8772	8534	8332	8159	8010	7880	7341	6602	5813	5000
3	9669	8709	7977	7457	7071	6771	6530	6333	6167	6025	5466	4748	4031	3333
4	9065	7679	6841	6287	5895	5598	5365	5175	5017	4884	4366	3720	3093	2500
5	8412	6838	5981	5441	5065	4783	4564	4387	4241	4118	3645	3066	2513	2000
6	7808	6161	5321	4803	4447	4184	3980	3817	3682	3568	3135	2612	2119	1667
7	7271	5612	4800	4307	3974	3726	3535	3384	3259	3154	2756	2278	1833	1429
8	6798	5157	4377	3910	3595	3362	3185	3043	2926	2829	2462	2022	1616	1250
9	6385	4775	4027	3584	3286	3067	2901	2768	2659	2568	2226	1820	1446	1111
10	6020	4450	3733	3311	3029	2823	2666	2541	2439	2353	2032	1655	1308	1000
12	5410	3924	3264	2880	2624	2439	2299	2187	2098	2020	1737	1403	1100	0833
15	4709	3346	2758	2419	2195	2034	1911	1815	1736	1671	1429	1144	0889	0667
20	3894	2705	2205	1921	1735	1602	1501	1422	1357	1303	1108	0879	0675	0500
24	3434	2354	1907	1656	1493	1374	1286	1216	1160	1113	0942	0743	0567	0417
30	2929	1980	1593	1377	1237	1137	1061	1002	0958	0921	0771	0604	0457	0333
40	2370	1576	1259	1082	0968	0887	0827	0780	0745	0713	0595	0462	0347	0250
60	1737	1131	0895	0765	0682	0623	0583	0552	0520	0497	0411	0316	0234	0167
120	0998	632	0495	0419	0371	0337	0312	0292	0279	0266	0218	0165	0120	0083
∞	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

^{*)} – Все значения квантилей распределения Корена меньше единицы. В таблице указаны цифры после десятичной запятой

Приложение И

КВАНТИЛИ R -РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Число степеней свободы	Уровни значимости p						
	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,005	0,001
1	3,08	6,31	12,71	31,82	63,66	127,32	636,62
2	1,89	2,92	4,3	6,97	9,93	14,09	31,6
3	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84	7,45	12,94
4	1,53	2,13	2,78	3,75	4,6	5,6	8,61
5	1,48	2,02	2,57	3,37	4,03 _T	4,77	6,86
6	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71	4,32	5,96
7	1,42	1,9	2,37	3	3,5	4,03	5,41
8	1,4	1,86	2,31	2,9	3,36	3,83	5,04
9	1,38	1,83	2,26	2,82	3,25	3,69	4,78
10	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17	3,58	4,59
11	1,36	1,8	2,2	2,72	3,11	3,5	4,44
12	1,36	1,78	2,18	2,68	3,06	3,43	4,32
13	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01	3,37	4,22
14	1,34	1,76	2,15	2,62	2,98	3,33	4,14
15	1,34	1,75	2,13	2,6	2,95	3,29	4,07
16	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92	3,25	4,02
17	1,33	1,74	2,11	2,57	2,9	3,22	3,97
18	1,33	1,73	2,1	2,55	2,88	3,2	3,92
19	1,33	1,73	2,09	2,54	2,86	3,17	3,88
20	1,33	1,73	2,09	2,53	2,85	3,15	3,85
21	1,32	1,72	2,08	2,52	2,83	3,14	3,82
22	1,32	1,72	2,07	2,51	2,82	3,12	3,79
23	1,32	1,71	2,07	2,5	2,81	3,1	3,77
24	1,32	1,71	2,06	2,49	2,8	3,09	3,75
25	1,32	1,71	2,06	2,48	2,79	3,08	3,73
30	1,31	1,7	2,04	2,46	2,75	3,03	3,65
40	1,3	1,68	2,02	2,42	2,7	2,97	3,55
60	1,3	1,67	2	2,39	2,66	2,91	3,46
120	1,29	1,66	1,98	2,36	2,62	2,86	3,37
∞	1,28	1,64	1,96	2,33	2,58	2,81	3,29

Приложение К

КВАНТИЛИ χ^2 -РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

n/α	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,00016	0,00063	0,00393	0,0158	0,0642	1,642	2,706	3,841	5,412	6,635	10,827
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	3,219	4,605	5,991	7,824	9,210	13,815
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	4,642	6,251	7,815	9,837	11,341	16,268
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	5,989	7,779	9,488	11,668	13,277	18,465
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,343	7,289	9,236	11,070	13,388	15,086	20,517
6	0,872	1,134	1,635	2,204	3,070	8,558	10,645	12,592	15,033	16,812	22,457
7	1,239	1,564	2,167	2,833	3,822	9,803	12,017	14,067	16,622	18,475	24,322
8	1,646	2,032	2,733	3,490	4,594	11,030	13,362	15,507	18,679	20,090	26,125
9	2,088	2,532	3,325	4,168	5,380	12,242	14,684	16,919	19,679	21,666	27,877
10	2,588	3,059	3,940	4,865	6,179	13,442	15,987	18,307	21,161	23,209	29,588
11	3,053	3,609	4,575	5,578	6,989	14,631	17,275	19,675	22,618	24,725	31,264
12	3,571	4,178	5,226	6,304	7,807	15,812	18,549	21,026	24,054	26,217	32,909
13	4,107	4,765	5,892	7,042	8,634	16,985	19,812	22,362	25,472	27,688	34,528
14	4,660	5,368	6,571	7,790	9,467	18,151	21,064	23,685	26,873	29,141	36,123
15	5,229	5,985	7,262	8,547	10,307	19,311	22,307	24,996	28,259	30,578	37,697
16	5,812	6,614	7,962	9,312	11,152	20,465	23,542	26,296	29,633	32,000	39,252
17	6,408	7,255	8,672	10,085	12,002	21,615	24,769	27,587	30,995	33,409	40,790
18	7,015	7,906	9,390	10,865	12,857	22,760	25,989	28,869	32,346	34,805	42,312
19	7,633	8,567	10,117	11,651	13,716	23,900	27,204	30,144	33,687	36,191	43,820
20	8,260	9,237	10,851	12,443	14,578	25,038	28,412	31,410	35,020	37,566	45,315
21	8,897	9,915	11,591	13,240	15,445	26,171	29,615	32,671	36,343	38,932	46,797
22	9,542	10,600	12,338	14,041	16,314	27,301	30,813	33,924	37,659	40,289	48,268
23	10,196	11,298	13,091	14,848	17,187	28,429	32,007	35,172	38,968	41,638	49,728
24	10,856	11,992	13,848	15,659	18,062	29,553	33,196	36,415	40,270	42,980	51,179
25	11,542	12,697	14,611	16,473	18,940	30,675	34,382	37,652	41,566	44,314	52,620
26	12,198	13,409	15,379	17,292	19,820	31,795	35,563	38,885	42,856	45,642	54,052
27	12,879	14,125	16,151	18,114	20,703	32,912	36,741	40,113	44,140	46,963	55,476
28	13,565	14,847	16,928	18,939	21,588	34,027	37,916	41,337	45,419	48,278	56,893
29	14,256	15,574	17,708	19,768	22,475	35,139	39,087	42,557	46,693	49,588	58,302
30	14,953										

Список рекомендуемой литературы

- 1 Пащенко Ф.Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: Учебное пособие: В 2-х частях Часть 1. Математические основы моделирования систем.- М.: Финансы и статистика, 2006.-328 стр.: ил.
- 2 Иглин С.П. Математические расчеты на базе MATLAB.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-640 с.: ил.
- 3 Берков Н.А. Применение пакета MathCAD: практикум. М.: Изд-во МГИУ, 2006. – 132 с.
- 4 Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э., Наймарк О.Б., Столбов В.Ю., Трусов П.В., Фрик П.Г. Введение в математическое моделирование: Учебное пособие / Под редакцией П.В. Трусова. – М.: Университетская книга, Логос, 2007. – 440стр.
- 5 Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов .- М. Химия, 1982г.- 287с.- ил.
- 6 Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств .- М. Высшая школа, 1991г.- 400с.- ил.
- 7 Справочник функций Excel [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scribd.com/doc/126328/-Excel>. Дата обращения 18.01.2015.
- 8 Справочник по STATGRAFICS в HTML-формате [Электронный ресурс]. URL: <http://ict.edu.ru/ft/002123/2123.doc>. Дата обращения 18.01.2015.

Учебное издание

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Методические рекомендации к курсовой работе

Составитель

ВЕДЕРНИКОВА Юлия Александровна

В авторской редакции

Подписано в печать 19.08.2018. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 2,12.
Тираж 300 экз. Заказ № 18-1233.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.