

Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВПО «АмГУ»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой КиТО

_____ И.В. Абакумова

« ____ » _____ 2007 г.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРИКОТАЖНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности 260704 – «Технология текстильных изделий»

Составитель: И.В.Абакумова

Благовещенск

2007 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета прикладных искусств
Амурского государственного
университета

И.В.Абакумова

Прогрессивные технологии в трикотажной промышленности: Учебно-методический комплекс по дисциплине для специальности 260704 – «Технология текстильных изделий» – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – с.96

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очной и заочной формы обучения специальности 260704 «Технология текстильных изделий» специализации «Технология трикотажа». Составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования для специальности 260704 и включает наименование тем, цели и содержание лабораторных занятий, самостоятельной и научно-исследовательской работы, вопросы для подготовки к работе, методические рекомендации по проведению лабораторной работы; вопросы для итоговой оценки знаний; список рекомендуемой литературы.

© Амурский государственный университет

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Программа курса "Прогрессивные технологии в трикотажной промышленности" составлена в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. Тематика лабораторных работ по дисциплине "Прогрессивные технологии в трикотажной промышленности" разработана для студентов 5 курса (9 семестр) специальности «Технология текстильных изделий», специализации «Технология трикотажа».

Цель курса – познакомить студентов с основными направлениями развития трикотажной промышленности, прогрессивными технологиями, применяемыми при изготовлении трикотажных изделий.

Преподавание курса связано с другими дисциплинами государственного образовательного стандарта: «Теоретические основы процесса петлеобразования», «Основы ресурсосберегающих технологий», «Строение, свойства и особенности петлеобразования трикотажа рисунчатых и комбинированных переплетений», «Моделирование и оптимизация технологических процессов», «Методы и средства исследований» и др.

Данный курс помогает студентам познакомиться с организацией проведения научно-исследовательских работ, подобрать тему для дипломного проектирования.

По завершению обучения по дисциплине студент должен:

- подготовиться к дипломному проектированию, подобрав тему и наметив план исследований;
- овладеть системой знаний о закономерностях исследуемых процессов вязания трикотажных полотен и изделий;
- иметь данные по предварительному эксперименту, проведенному в рамках намеченных исследований;

- уметь проводить патентный поиск по заданной тематике необходимой глубины;
- производить обработку результатов на компьютере с целью их оптимизации;
- уметь правильно и четко делать выводы по проведенному исследованию;
- иметь представление о современных передовых технологиях трикотажного производства с целью формирования у студентов знаний, умений и навыков, обеспечивающих их квалифицированное участие во всех этапах производства и решении межотраслевых задач по производству промышленных товаров.

Цель УМКД – систематизация содержания дисциплины с учётом достижения науки, техники и производства, улучшения её методического обеспечения, повышение эффективности и качества занятий, оказание студентам методической помощи в усвоении учебного материала, правильное планирование и организация самостоятельной работы и контроля знаний студентов.

Данное учебно-методическое пособие составлено с учетом рекомендаций учебно-методического отдела АмГУ и включает следующие разделы:

цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе;

содержание дисциплины;

учебно-методические материалы по дисциплине;

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Наименование тем, объем (в часах) лабораторных занятий и самостоятельной работы

Номер темы	Раздел курса	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Выбор темы исследовательской работы.	4	2
2	Проведение патентного поиска и анализ научно-технической информации	6	4
3	Составление плана исследования.	4	2
4	Наработка образцов для проведения эксперимента.	6	4
5	Принципы и методы отбора образцов и проб.	2	2
6	Погрешности измерений и запись результатов испытаний.	2	2
7	Сводные характеристики результатов испытаний одной пробы и всей партии материалов.	6	4
8	Оценка соответствия фактического распределения результатов испытаний нормальному.	4	2
9	Сводные характеристики результатов измерений при двухступенной выборке.	6	3
10	Выборочные статистические совокупности.	4	2
11	Двумерные выборочные совокупности.	4	2
12	Разработка анкет для изучения потребительского спроса	2	2
13	Проведение анкетного опроса и обработка результатов проведенного анкетирования	2	2
14	Разработка перспективной коллекции моделей заданного ассортимента	4	2
15	Характеристика используемого оборудования с учетом прогрессивной технологии выработки моделей заданного ассортимента	4	2
16	Подбор, разработка и расчет технологических параметров переплетений для вязания моделей заданного ассортимента	4	2

17	Выбор и обоснование принятых методов обработки с учетом прогрессивных технологий	4	2
18	Разработка предложений по использованию прогрессивного оборудования и современных материалов для изготовления разработанных изделий	4	2
ИТОГО		72	43

2.2. Лабораторные занятия. Самостоятельная работа студентов

1. Выбор темы исследовательской работы. Обоснование темы, ее актуальность. Задачи намечаемых исследований. (4 часа).
2. Проведение патентного поиска и анализ научно-технической информации с целью определения наиболее перспективного направления в проведении исследований (6 часов).
3. Составление плана исследования, проведение предварительного эксперимента с целью определения основных технологических параметров исследуемого процесса (4 часа).
4. Нарботка образцов для проведения эксперимента. Анализ образцов с целью определения основных физико-механических свойств исследуемых переплетений (6 часов).
5. Принципы и методы отбора образцов и проб. Одностепенный метод отбора (случайный метод отбора, механический одностепенный метод отбора, использование одностепенных методов отбора); двухстепенные методы отбора (комбинированный метод отбора, механический двухстепенный метод отбора, серийный метод отбора); многостепенный метод отбора (2 часа).
6. Погрешности измерений и запись результатов испытаний. Погрешность измерений (абсолютная погрешность, относительная погрешность, основные и дополнительные погрешности); точность измерений и приборов (показатели и классы точности, классы погрешности прибо-

- ров); качество измерений, точность отсчетов, значащие и верные цифры чисел, правила округления (2 часа).
7. Сводные характеристики результатов испытаний одной пробы или всей партии материалов. Сводные характеристики результатов испытаний одностепенной случайной выборки. Определение дисперсии выборки. Определение сводных характеристик для партии материала с учетом ошибок одностепенной случайной выборки (6 часов).
 8. Оценка соответствия фактического распределения результатов испытаний нормальному. Нормальное распределение результатов испытаний. Оценка соответствия распределения нормальному по величине асимметрии и эксцесса. Оценка гипотезы (4 часа).
 9. Сводные характеристики результатов измерений при двухступенной выборки. Сводные характеристики результатов измерений при трехступенной выборке. Совместный учет ошибки выборки и предельной погрешности измерений. Отбрасывание неточных результатов испытаний. Повторное проведение анализов (6 часов).
 10. Выборочные статистические совокупности. Статистические совокупности, признаки, варианты. Полигоны, гистограммы. Накопленные численности и частоты, суммарные функции распределения. Кумуляты и огивы. Коэффициент неравноты, момент эмпирического распределения. Составные совокупности (4 часа).
 11. Двумерные выборочные совокупности. Составление эмпирических формул. Выбор типа линий, выравнивающей ломаную линию регрессии. Метод выравненных точек. Метод наименьших квадратов. Аннаморфоза. Линейная корреляция. Корреляционное отношение (4 часа).
 12. Разработка анкет для изучения потребительского спроса с учетом перспективного направления моды и заданного ассортимента (2 часа).
 13. Проведение анкетного опроса и обработка результатов проведенного анкетирования (2 часа).

14. Разработка перспективной коллекции моделей заданного ассортимента (4 часа).
15. Характеристика используемого оборудования с учетом прогрессивной технологии выработки моделей заданного ассортимента (4 часа).
16. Подбор, разработка и расчет технологических параметров переплетений для вязания моделей заданного ассортимента (4 часа).
17. Выбор и обоснование принятых методов обработки с учетом прогрессивных технологий (4 часа).
18. Разработка предложений по использованию прогрессивного оборудования и современных материалов для изготовления разработанных изделий (4 часа).

Самостоятельная работа студентов (43 часа)

1. Знакомство с научной и технической литературой по прогрессивным технологиям в трикотажной промышленности.
2. Знакомство с периодическими изданиями по прогрессивным технологиям в трикотажной промышленности.

2.2.1. Методические указания для выполнения лабораторных работ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Анализ методов представления исходной информации о модели изделия. Построение полиномиальной регрессивной модели по заданным данным и оценка ее качества. Работа со стандартной программой обработки экспериментальных данных.

Цель работы: Освоение методов математической обработки результатов исследования свойств текстильных материалов; определение уравнения регрессии по данным однофакторного эксперимента.

Содержание работы

1. Статистическая обработка первичных результатов эксперимента.
2. Расчет критерия Кочрена и проверка однородности дисперсии в опытах матрицы.
3. Определение средней дисперсии выходного параметра в опытах матрицы.
4. Определение коэффициентов регрессии и составление уравнения регрессии.
5. Определение адекватности уравнения регрессии. Расчет критерия Фишера.
6. Оценка значимости коэффициентов регрессии.
7. Определение доверительных интервалов средних и индивидуальных значений выходного параметра.
8. Построение графика полученного уравнения регрессии.
9. Анализ результатов работы. Формулировка выводов.

Общие сведения

В настоящее время при исследовании свойств текстильных материалов и других видов продукции широкое применение получили математико-статистические методы планирования эксперимента.

В задачу планирования эксперимента входит: выбор необходимых для эксперимента опытов, т.е. построение матрицы планирования, и выбор методов математической обработки результатов эксперимента.

Существует два вида планирования активного эксперимента: традиционное (классическое), однофакторное и многофакторное (факторное) (1).

В традиционном однофакторном планировании изучается влияние на параметр одного выходного параметра (фактора).

В результате обработки экспериментальных данных определяют взаимосвязь между выходным параметром (y) и варьируемым на нескольких

уровнях фактором (x). Математическая модель в общем виде описывается функцией отклика:

$$y = f(x)$$

При существовании линейной связи между входным и выходным параметром уравнения регрессии имеет следующий вид:

$$y = d_0 + d_1(x - \bar{x}),$$

где d_0 и d_1 - коэффициенты уравнения регрессии проверяется по критерию Фишера (1,2). Если расчетное значение критерия Фишера (F_p) меньше табличного (F_m), то гипотеза об адекватности линейной модели не отвергается.

Методические указания

1. Статистическая обработка первичных результатов эксперимента.

Каждая группа студентов (2-3 человека) получают индивидуальное задание, содержащие первичные результаты проведения однофакторного эксперимента исследования свойств текстильных материалов.

По результатам экспериментальных данных, содержащихся в задании, определяют основные статистические характеристики: среднюю арифметическую величину (\bar{y}_u), дисперсию (S^2), среднеквадратическую ошибку (S), коэффициент вариации (C_B) (1,2,3).

Таблица 1

Расчеты статистических характеристик

№ опыта	Фактор, x	Значение параметра, y					y	$\sigma^2 (S^2)$	σ^2	C_B
		1	2	3	4	5				
1	x ₁	y ₁₁	y ₁₂	y ₁₃	y ₁₄	y ₁₅				
2	x ₂	y ₂₁	y ₂₂	y ₂₃	y ₂₄	y ₂₅				
3	x ₃	y ₃₁	y ₃₂	y ₃₃	y ₃₄	y ₃₅				
4	x ₄	y ₄₁	y ₄₂	y ₄₃	y ₄₄	y ₄₅				
....										
n	x _n	y _n	y _n	y _n	y _n	y _n				

2. Расчет критерия Кочрена и проверка однородности дисперсии и воспроизводимости эксперимента при одинаковой повторности (m) всех опытов рассчитывают значение критерия Кохрена по формуле:

$$G_p = \frac{S_u^2 \max\{y\}}{\sum_{u=1}^N S_u^2 \{y\}} ,$$

где $S_u^2 \max\{y\}$ - максимальная дисперсия из всех опытов;

$\sum_{u=1}^N S_u^2 \{y\}$ - сумма всех дисперсий эксперимента.

Далее расчетное значение G_{δ} сравнивается с табличным значением G_{δ} при данном числе опытов N и числе степеней свободы $f\{S_u^2\} = m - 1$ для заданной доверительной вероятности $\alpha=0.95$ (1.2). Сравнивая G_{δ} и G_{δ} , делают вывод об однородности дисперсий и воспроизводимости опытов в случае, если $G_{\delta} < G_{\delta}$.

3. Определение средней дисперсии выходного параметра в опытах матрицы, Если в опытах матрицы дисперсии однородны и число повторных опытов одинаково, то среднюю дисперсию определяют по формуле:

$$S_{(1)}^2 \{y\} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N S_u^2 \{y\} \quad (2)$$

После этого определяют число степеней свободы средней дисперсии:

$$f(S_{(1)}^2 \{y\}) = N(m - 1) \quad (3)$$

Средняя дисперсия характеризует средний разброс значений выходного параметра относительно его среднего значения, т.е. ошибку опытов в эксперименте.

4. Определение коэффициентов регрессии и составление уравнения регрессии.

Если дисперсия выходного параметра для каждого уровня фактора однородны, то применяют метод наименьших квадратов (1).

Коэффициенты уравнения регрессии определяют по следующим формулам:

$$d_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N \overline{y_u} = \overline{y} \quad (4)$$

$$d_1 = \frac{\sum_{u=1}^N (x_u - \overline{x}) \cdot \overline{y_u}}{\sum_{u=1}^N (x_u - \overline{x})^2} \quad (5)$$

где $\overline{y_u}$ - среднее значение результата эксперимента;

x_u - значение фактора на определенном u -уровне;

\overline{x} - среднее значение фактора.

Для удобства все промежуточные расчеты сводят в таблицу 2.

Таблица 2

Расчет коэффициентов уравнения регрессии

№ опыта	Фактор, x_u	$x_u - \overline{x}$	$(x_u - \overline{x})$	$\overline{y_u}$	$(x_u - \overline{x}) \cdot \overline{y_u}$
1					
2					
3					
$\sum_{u=1}^N$					

После определения коэффициентов составляют искомое уравнение регрессии:

$$yR = d_0 + d_1(x - \overline{x}) \quad (6)$$

5. Определение адекватности уравнения регрессии. Расчет критерия Фишера.

Для определения адекватности полученного уравнения (6) используют критерия Фишера, расчетное значение которого студенты определяют по формуле:

$$F_p = \frac{S_{(2)}^2\{y\}}{S_{(1)}^2\{y\}} \quad (7)$$

где $S_{(1)}^2$ - средняя дисперсия или дисперсия воспроизводимости, определяется по формуле (2);

$S_{(2)}^2$ - дисперсия, характеризующая рассеивание средних экспериментальных значений $\overline{y_u}$ относительно прямой линии, определяется по формуле (6) (дисперсия адекватности).

Дисперсия $S_{(2)}^2$ характеризует точность аппроксимации зависимости $y = f(x)$ прямой линией, её определяют по формуле:

$$S_{(2)}^2\{y\} = \frac{m}{N - 2} \sum_{u=1}^N (\overline{y_u} - y_{Ru})^2 \quad (8)$$

где $\overline{y_u}$ и y_{Ru} - экспериментальное и расчетное значение выходного параметра.

После этого определяют число степеней свободы дисперсии адекватности:

$$f\{S_{(2)}^2\} = N - 2 \quad (9)$$

Далее студенты подставляют в формулу (7) значения дисперсии $S_{(1)}^2\{y\}$ и $S_{(2)}^2\{y\}$ и рассчитывают критерий Фишера. F_p сравнивают с табличным значением критерия Фишера F_{τ} , которое определяют из (1,2) при доверительной вероятности $\alpha=0,95$ и число степеней свободы $f\{S_{(2)}^2\}$ и $f\{S_{(1)}^2\}$.

если $F_p < F_T$, то гипотеза об адекватности линейного уравнения опытным данным не отвергается.

Расчет суммы в формуле (8) студенты сводят в таблицу. Расчетные значения выходного параметра y_{Ru} студенты определяют из уравнения (6), подставляя значения x_u .

Таблица 3

Расчет дисперсии адекватности

u	x_u	$d_1 \cdot (x_u - \bar{x})$	y_{Ru}	$\overline{y_{u\hat{y}}}$	$\overline{y_u} - y_{Ru}$	$\overline{y} - y_{Ru}$
1						
2						
3						
$\sum_{u=1}^N$						

6. Оценка значимости коэффициентов регрессии.

Для значимости полученных коэффициентов d_0 и d_1 уравнения (6) используется критерий Стьюдента (1), расчетное значение которого студенты определяют по формуле:

$$tp = \frac{|d_i|}{S^2\{d_i\}}, \quad (9)$$

где $S^2\{d_i\}$ - оценка среднего квадратичного отклонения коэффициента регрессии и студенты рассчитывают по формуле:

$$S^2\{d_0\} = \frac{S^2\{y\}}{mN} \quad (10)$$

$$S^2\{d_0\} = \frac{S^2\{y\}}{m \sum_{u=1}^N (x_u - \bar{x})^2} \quad (11)$$

В формуле (10) и (11) входит дисперсия $S^2\{y\}$, которая является сводной оценкой дисперсии случайной величины y_u , выходного параметра при условии линейной связи. Эту дисперсию студенты определяют по формуле:

$$S^2\{y\} = \frac{(m-1) \cdot N \cdot S_{(1)}^2 + (N-2)S_{(2)}^2}{mN-2} \quad (12)$$

Далее определяют число степеней свободы этой дисперсии:

$$f\{S^2\} = mN - 2 \quad (13)$$

Студенты подставляют в формулу (12) ранее определенные значения $S_{(1)}^2$ и $S_{(2)}^2$ и находят сводную дисперсию случайной величины. После этого определяют дисперсии коэффициентов $S^2\{d_0\}$ и $S^2\{d_1\}$ и подставляют в формулу (9). После определения расчетного значения критерия Стьюдента t_T при условии, что доверительная вероятность $\alpha = 0.95$ и число степеней, определяемое по формуле (13) $f\{S^2\}$.

Далее студенты сравнивают табличное и расчетное значение критерия Стьюдента. Если $t_p > t_T$, то коэффициенты уравнения регрессии значимы и, следовательно, связь между y и x значима.

После этого определяют абсолютные ошибки коэффициентов регрессии $\varepsilon\{di\}$:

$$\varepsilon\{di\} = S\{di\}tT\left[\alpha; f\{S^2\}\right] \quad (14)$$

Тогда, для истинных значений коэффициентов регрессии d_0 и d_1 в линейном уравнении доверительные интервалы определяются неравенством:

$$di - \varepsilon = \varepsilon\{di\} \leq di \leq di + \varepsilon\{di\} \quad (15)$$

Студенты подставляют в неравенство (15) значения d_1 и $\varepsilon \{di\}$ и определяют доверительные интервалы для d_0 и d_1 .

7. Определение доверительных интервалов средних и индивидуальных значений выходного параметра.

Чтобы определить степень отклонения расчетных значений выходного параметра y_{Ru} от истинного его значения при каждом уровне факторов x_u , студенты определяют доверительные ошибки $\varepsilon \{yRu\}$ расчетного значения выходного параметра.

Доверительные ошибки расчетных значений выходного параметра для каждого уровня фактора рассчитывают по формуле:

$$\varepsilon m = Si \cdot tT[\alpha ; f\{S^2\}] \quad (16)$$

где Si - оценка среднего квадратичного отклонения расчетного значения выходного параметра y для каждого значения x .

Оценку среднего квадратичного отклонения определяют по формуле:

$$Si = \sqrt{S^2\{d_0\} + S^2\{d_1\}(x_u - \bar{x})^2} \quad (17)$$

Расчеты $S_m^2, S_m, \varepsilon_m$ студенты заносят в таблицу 4. Далее в таблицу заносят расчетные значения y_{Ru} , полученные по уравнению регрессии (6).

Зная ошибки расчетной величины, студенты определяют доверительные интервалы для испытанных средних значений выходного параметра. Нижний

доверительный интервал $y_m^{(H)}$ определяют:

$$y_m^{(H)} = yRu - \varepsilon m \quad (18)$$

верхний доверительный интервал $y_m^{(\hat{a})}$:

$$y_m^{(\hat{a})} = yRu + \varepsilon m$$

Значения верхних и нижних значений доверительных интервалов для каждого опыта заносят в таблицу

Таблица 4

Доверительные интервалы средних значений

и	x_u	$(x_u - \bar{x})$	S_m^2	S_m	ε_m	y_{Ru}	$y_m^{(H)}$	$y_m^{(\hat{a})}$
1								
2								
3								
4								

Далее определяют границы доверительного интервала для индивидуальных значений выходного параметра y при каждом уровне фактора.

Верхняя граница интервала:

$$y_l^{(\hat{a})} = yRu + S_l \cdot tT[\alpha ; f\{S^2\}] \quad (19)$$

Нижняя граница интервала:

$$y_l^{(H)} = yRu - S_l \quad (20)$$

Предварительно определяется ошибка:

$$S_l = \sqrt{S_m^2 + S^2\{y\}}$$

Используя значения S_m из таблицы 4 и ранее определенные по уравнению (1) значения $S^2\{y\}$ и критерий Стьюдента $tT[\alpha ; f\{S^2\}]$, студенты определяют верхние и нижние границы искомой зоны по формулам (19) и (20), сводя все значения в таблицу

Таблица 5

f	x_u	S_m^2	S_l^2	y_{Ru}	$tT \cdot S_l$	$y_{(x)}^{(H)}$	$y_{(x)}^{(\hat{a})}$

1							
2							
3							
4							

8. Построение графика полученного уравнения регрессии.

Полученное уравнение регрессии позволяет построить график функции.

В координатных осях ХУ студенты строят график функции $y_{(x)}^{(H)}$ и $y_{(x)}^{(\hat{a})}$ по данным таблицы 4. Графики этих двух функций образуют своеобразный «коридор». Любое сечение его прямой, параллельной вертикальной оси, соответствует доверительному интервалу. В котором с заданной вероятностью будет находиться среднее значение выходного параметра.

Далее студенты строят графики функций $y_{l(x)}^{(H)}$ и $y_{l(x)}^{(\hat{a})}$, используя данные таблицы 5. Эти графики являются доверительными границами зоны индивидуальных значений y_{ym} выходного параметра. Рассматривая индивидуальные значения y_{ym} (таблица 1) и границы зоны для каждого x_u , студенты определяют попадание индивидуальных измерений в доверительную зону.

9. Анализ результатов работы.

Формулировка выводов.

В выводах отражается вид полученного уравнения регрессии и характер связи между выходными, входными параметрами, анализируется адекватность полученного уравнения и значимость коэффициентов.

Требования к отчету

1. Исходные данные для проведения однофакторного регрессионного анализа.
2. Расчет статистических характеристик.

3. Расчет критерия Кочрена и средней дисперсии выходного параметра.
4. Расчет коэффициентов регрессии и уравнения регрессии.
5. Расчет критерия Фишера и оценка значимости коэффициентов регрессии.
6. Расчет доверительных интервалов.
7. Графическое изображение рассчитанного уравнения регрессии.
8. Выводы по работе.

Литература:

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М.: Легкая индустрия, 1980, с. 392.
2. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности. М.: Легкая индустрия, 1974.
3. Поздняков Б.П. Методы статистического контроля и исследования текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1978.

Самостоятельная работа

Исследование прочности шва в зависимости от линейной прочности ниток. Результаты эксперимента приведены в таблице. Определить характер зависимости (уравнения регрессии) между прочностью шва и линейной прочностью ниток.

Вариант 1

Вариант 2

Линейная пл-ть нитей, Текс	Прочность шва, даН					Линейная пл-ть нитей, Текс	Прочность шва, даН				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
23,1	1 4,8	1 4,1	1 7,0	1 6,5	1 5,5	36,0	2 2,4	2 6,0	2 3,0	2 6,0	24,0
38,0	2 7,5	2 3,5	2 8,1	2 4,1	2 5,0	38,0	2 8,6	2 6,0	2 9,0	2 6,5	27,5

43,0	2 8,4	2 6,4	2 9,0	2 5,9	2 6,8	40,0	3 2,1	2 9,1	3 3,0	3 0,0	31,5
48,0	3 0,4	2 8,4	2 8,9	3 1,1	3 0,0	42	3 3,6	3 6,1	3 7,1	3 3,6	35,1

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Построение графа технологического процесса изготовления трикотажного изделия. Построение математической модели графа

Цель работы: Освоение методов теории графов и их применения к построению графов текстильных процессов и изделий.

Содержание работы

Ознакомление с методологией системного анализа, который позволяет провести декомпозицию объекта исследования, выделив подчиненные подсистемы, которые можно рассмотреть отдельно. Рассматриваются пять иерархических уровней:

1. Явления, происходящие на атомарно-молекулярном уровне.
2. Явления в масштабе надмолекулярных образований полимеров.
Явления в элементарном, сплошном волокне.
3. Явления, проявляющиеся вследствие наличия текстильной структуры.
4. Явления и процессы, обеспечивающие создание силовых и тепловых полей в технологическом процессе.

Методические указания

1. Изучить происходящие элементарные процессы и явления на каждом уровне.
2. Изучить структуру и характеристику графов III и IV уровней.
3. Усвоить воздействие тепловых, силовых полей на характер протекания технологического процесса.

Процесс обработки как многоуровневая система

Рассматривая процесс обработки текстильных материалов из волокон в соответствии с методологией системного анализа как сложную многоуровневую систему, выделим пять иерархических уровней, представленных на рис.1. При этом следует руководствоваться принципом инвариантности составляющих процесса к масштабу на данном уровне модели системы, который формулируется следующим образом: закономерности протекания процессов в составных частях данного уровня модели не зависят от его масштаба, влияние которого учитывается взаимодействием между составляющими рассматриваемого уровня и краевыми условиями. Этот принцип позволяет провести декомпозицию объекта исследования, выделив подчиненные подсистемы, которые можно рассмотреть отдельно, учитывая связи между собой в качестве краевых условий. К первому иерархическому уровню отнесены явления, происходящие на атомарно - молекулярном уровне, ко второму – явление в масштабе надмолекулярных образований полимера, к третьему – явления в элементарном сплошном волокне, связанные с его движением и изменением различных его состояний (механического, термического, структурного, энергетического), к четвертому – явления, проявляющиеся вследствие наличия текстильной структуры обрабатываемого материала, к пятому – явления и процессы, обеспечивающие создание силовых и тепловых полей в технологическом аппарате.

Разные иерархические уровни происходящих элементарных процессов и явлений имеют и разную степень важности при решении конкретных проблем, стоящих перед исследователями и инженерами. Для теоретических работ в области полимеров наиболее важное значение имеют нижние I и II уровни, где происходят все структурные изменения на микро уровне, обуславливающие изменение потребительских свойств волокон, и III уровень, на котором эти изменения структуры проявляются на макро уровне через свойства волокон. Для производственных задач наиболее важными являются IV, V и VI уровни, на которых определяются потребительские свойства обрабатываемых текстильных изделий, способы создания тепловых и силовых полей и их взаимодействие с текстильным изделием, способы управления процессами. Для большинства встречающихся в настоящее время практических задач можно не изучать первые три уровня, так как они все равно неявно проявятся в верхних уровнях. Но инженер, а тем более и исследователь должен это понимать, чувствовать, уметь оценить меру влияния нерассматриваемых детально уровней на результат всего процесса в целом и на технологическое оборудование. К сожалению, имеются современные актуальные производственные задачи, которые невозможно решить без тщательного анализа явлений II и III уровней. Это, прежде всего, касается распределенных управляющих воздействий со стороны тепловых и силовых полей аппарата, позволяющих более гибко управлять процессами термообработки с точки зрения, как качества текстильных изделий, так и условий работы аппарата и энергозатрат на процесс. Эффективность решения подобных задач в других отраслях промышленности стимулирует научные работы в этом направлении и в области тепловых обработок текстильных материалов.

С учетом производственно-технической ориентации данной главы в ней очень кратко, информативно рассмотрены явления, включенные в первые три уровня, и основное внимание уделено вопросам, касающимся IV, V иерархических уровней.

Основными задачами, путями решения которых должен видеть исследователь, являются следующие: на IV уровне – влияние параметров теплового и силового полей на конкретные свойства текстильного изделия, взаимодействие текстильного изделия с тепловым, силовым и влажностным полями; на V уровне – способы создания теплового и силового полей аппарата, анализ поля влагосодержания теплоносителя в аппарате.

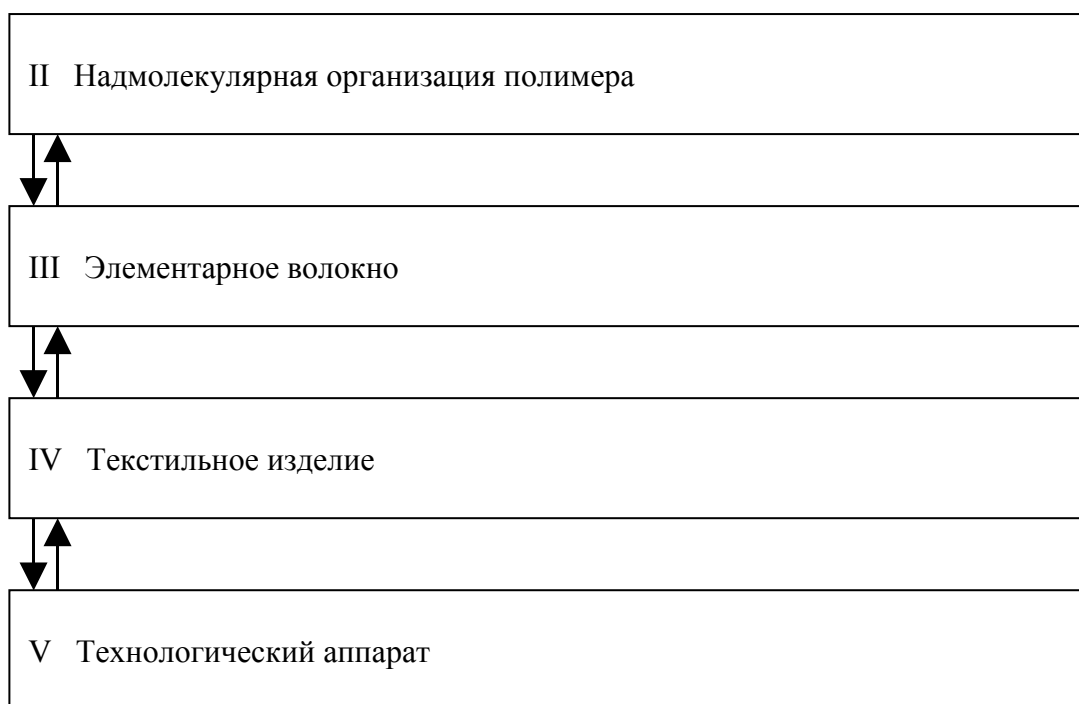


Рис. 1 Иерархическая структура технологического процесса обработки текстильных изделий

Экстранзитивное состояние волокна характеризует эффект переноса зарядов и массового типов, в связи с чем получается диссипация энергии. Процесс теплопередачи характеризуется переносом потоком тепла и зависит от теплофизических характеристик волокна (ТФХВ); процесс процесс массо - передачи, определяющий поле влагосодержания (ПВС) в волокне, характеризуется переносом массы и зависит от сорбционных и диффузионных характеристик волокна (СДХВ), от концентрации C влаги в межволоконном про-

странстве текстильного изделия и от наличия и параметров микропор в волокне (МПВ). На силовое поле в волокне оказывают также существенное влияние микродефекты волокна, которые могут существовать в волокне и образовываться вновь за счет взаимодействия с элементами конструкции аппарата для проведения технологического процесса.

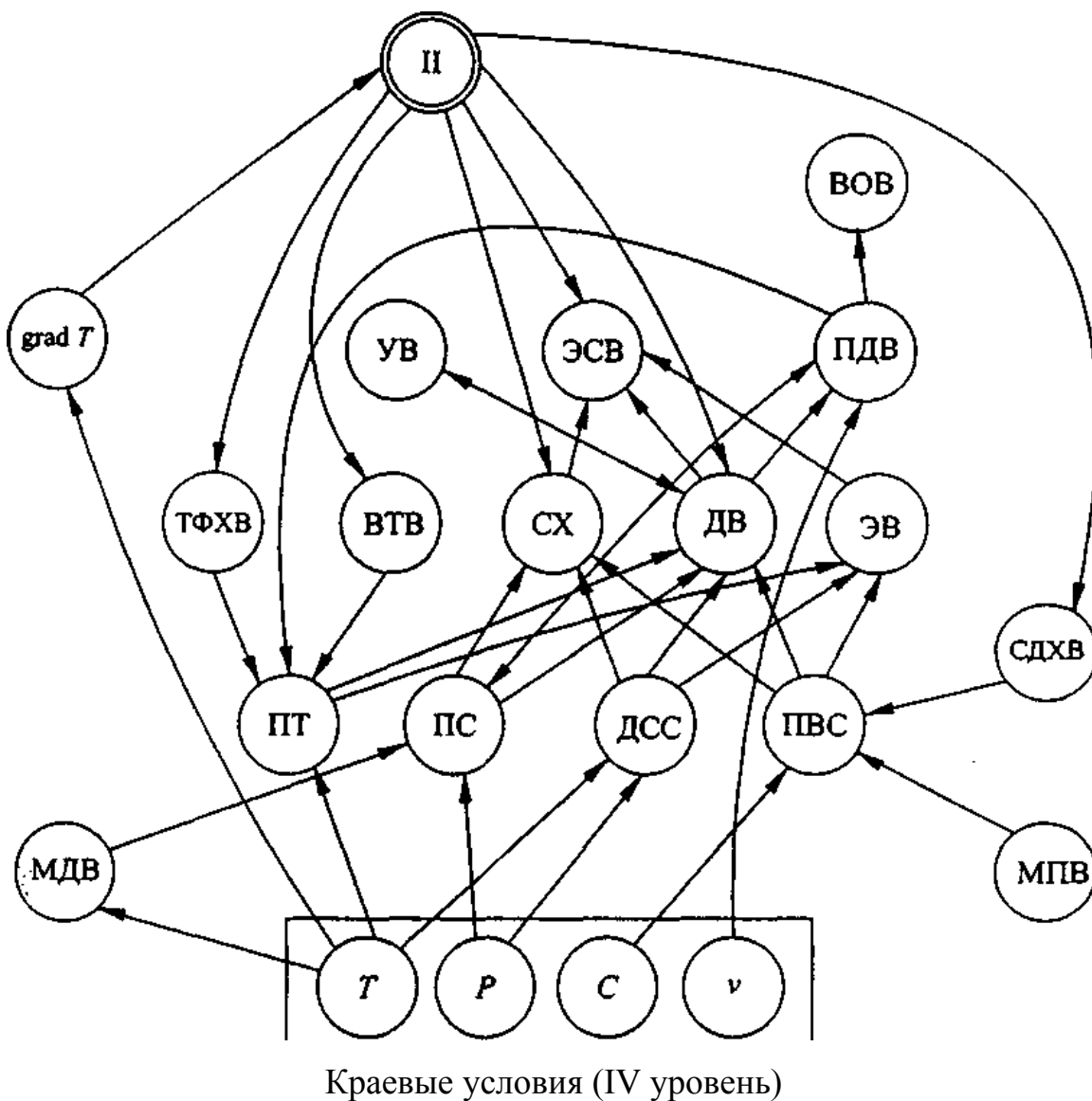


Рис. 2 Структурная схема иерархического уровня III. Температура материала; P – натяжение материала; C – концентрация пластификатора; V – скорость движения обрабатываемого материала.

В общем графе явления уровня III учтены и параметры движения волокна (ПДВ), которые определяют положение той или иной точки волокна в

пространстве зоны обработки, влияют на поля температуры, сил, влагосодержания в волокне и зависят от скорости движения текстильного изделия (значения, направления) и от деформации волокна. Кроме того, они определяют время воздействия внешних сил на волокно, т.е. время его выработки (ВОВ).

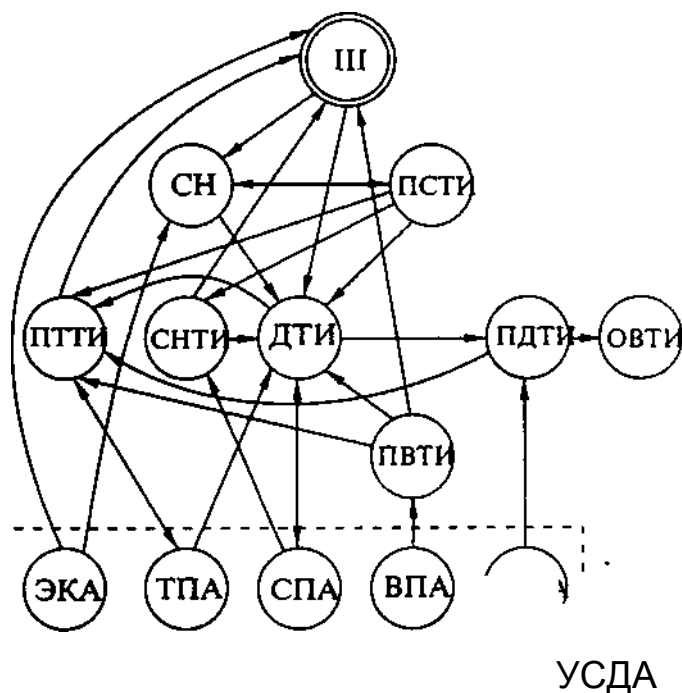
При контакте волокна с соседними волокнами и особенно с элементами конструкции аппарата в волокне могут возникать микродефекты (МДВ), влияющие на поле сил в волокне.

Особенность иерархического уровня III – проявление на макроуровне явлений макроуровня. Из причинно-следственной обусловленности явлений следует, что воздействия на волокно и его реакция на них взаимосвязаны и зависят от типа воздействия, природы и структуры полимера. При анализе с учетом этого графа уровня III, становится ясно, что деформационное и термическое состояния, которые достаточно легко можно контролировать в непрерывных технологических процессах тепловой обработки волокон, могут быть использованы для косвенной оценки структурного состояния полимерных волокон. Другими словами, непрерывные технологические процессы можно вести не только по внешним режимам, но и по реакции материала на них, проявляющейся в характере развития деформации волокна.

Краевые условия для процессов уровня III определяются следующим иерархическим уровнем – VI.

Рассмотрим содержание процессов и явлений, отнесенных к иерархическому уровню VI – текстильному изделию (рис. 3). На этом уровне происходит взаимодействие обрабатываемого изделия (нити, ткани) с тепловым, силовым и влажностными полями, создаваемыми в аппарате (ТПА, СПА, ВПА), с элементами конструкций аппарата (ЭКА). Текстильное изделие не является сплошной средой, поэтому методы механики сплошных сред к нему не применимы. Основное содержание уровня VI – проявление внешних воздействий на изделие к воздействию на элементарное волокно. В связи с этим на данном уровне учтены структура нитей текстильного изделия – СНТИ (число волокон в комплексной нити, параметры крутки и т.п.), структура из-

деля (число сплошных нитей, их крутки, вид переплетения для тканей, число нитей по утку и по основе и т.д.) Эти два фактора, так же как и свойства



Краевые условия (V уровень)

Рис. 3 Структурная схема иерархического уровня IV

волокна (уровень III), оказывают наряду с полями сил температуры, влагосо-
 держания текстильного изделия (соответственно ПСТИ, ПТТИ, ПВТИ) опре-
 деляющее влияние на его деформацию (ДТИ). Последняя оказывает влияние
 на прогрев изделия (ПТИ), на особенности создания силового поля в аппара-
 те. Поскольку структура текстильного изделия практически не меняется в
 процессе термообработки (меняется лишь угол закручивания, т.е. число кру-
 чения на метр, за счет вытягивания нити, но этот эффект легко поддается
 учету), то путем контроля деформации всего изделия, выделив из нее отдель-
 но деформацию за счет текстильной структуры и за счет собственного волок-
 на, можно, так же как и на уровне III, вести технологические процессы непре-
 рывной тепловой обработки по деформации всего текстильного изделия.
 Этот вывод позволяет создавать новые системы управления рассматриваемы-
 ми технологическими процессами.

На уровне VI следует так же учитывать взаимодействие текстильного изделия с элементами конструкции аппарата (ЭКА), которое может привести к обрыву элементарных волокон (фактически к изменению числа сложений, т.е. структуры нити) и дефектам поверхности волокна, а так же параметры движения текстильного изделия (ПДТИ), зависящие от устройства, создающего движение в аппарате (УСДА). Этими параметрами определяется взаимодействие с тепловыми, силовыми, влажностными полями в аппарате, общее время обработки изделия (ОВТИ), которое оказывает свое влияние на релаксационную перестройку структуры. Краевыми условиями при исследовании явлений уровня VI являются параметры, задаваемые иерархическим уровнем V.

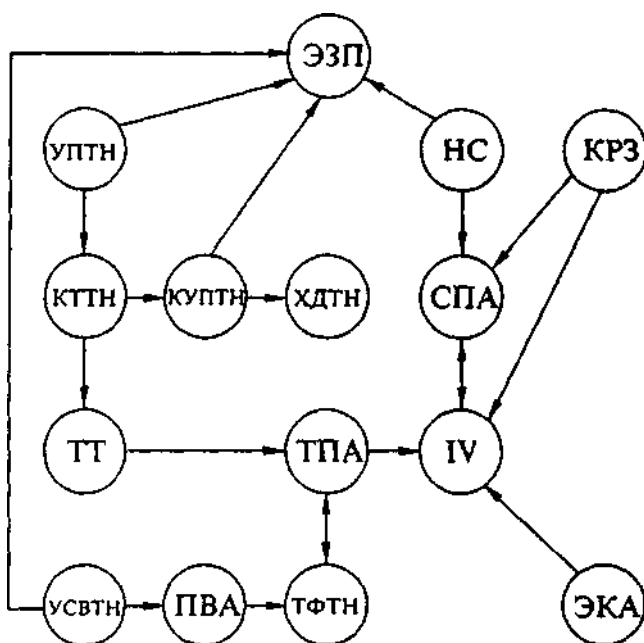


Рис. 4 Структурная схема иерархического уровня V.

Рассмотрим содержание явлений, процессов, технических средств, относящихся к иерархическому уровню V – технологическому аппарату. На рис. 4 приведен граф взаимных влияний различных эффектов, выделенных в процессе анализа, сущность которых и связи между ними в значительной степени влияют на рассматриваемый технологический процесс термообработки и поэтому подлежат тщательному исследованию.

Для создания теплового поля, воздействующего на обрабатываемый материал, служит устройство подготовки теплоносителя (УПТН), в котором с использованием одного из видов энергии (электроэнергия, жидкое или газообразное топливо, пар и др.), выбираемого в учетом экономических соображений, охраны труда и техники безопасности, охраны окружающей среды и т.д., создается поток теплоносителя, чаще всего сухого или влажного воздуха (в некоторых случаях продукты сгорания топлива). В общем случае это может быть также пар, инертный газообразный носитель, поток твердых частиц для создания псевдооживленного слоя и др. По каналам транспортировки теплоносителя (КТТН) последний поступает в зону обработки. Канал может иметь значительные размеры и быть оформленным в виде специального газоваода (воздуховода), а также представлять собой просто определенную зону движения теплоносителя в объеме аппарата без какого-то конструктивного оформления. В зависимости от конструктивных особенностей канала характер движения теплоносителя по каналу, его взаимодействие с окружающей средой может оказать заметное влияние на температуру теплоносителя (ТТ) при непосредственном взаимодействии с обрабатываемым материалом, а также на стабильность этого параметра по длине аппарата (длина исчисляется вдоль обрабатываемого материала) и во времени. Каналы транспортировки теплоносителя определяют также схему циркуляции теплоносителя (замкнутая или разомкнутая), что существенным образом влияет на энергозатраты для подготовки теплоносителя. При использовании в качестве источника энергии для нагрева материала энергии излучения (например, ТВЧ, ИК-лучи и др.) каналы транспортировки теплоносителя, как правило, отсутствуют, но указанная зависимость температуры теплоносителя от длины аппарата и времени обработки существует, причем распределение по длине материала будет определяться конструкцией излучателя. В этом случае излучатель можно считать одновременно выполняющим функции УПТН и КТТН.

Важное значение для характера взаимодействия потока теплоносителя с обрабатываемым материалом имеет конструкция устройства подачи тепло-

носителя (КУПТН), которое при использовании в качестве теплоносителя воздуха или паровоздушной смеси определяет коэффициент теплоотдачи к материалу. В случае конвективного (самого распространенного) подвода тепла к параметрам теплового поля аппарата (ТПА) помимо температуры теплоносителя (ТТ), характера его движения (ХДТН) следует отнести и теплофизические свойства теплоносителя (ТФТН), такие, как плотность и теплоемкость, которые определяют количество переносимого тепла. Последние в основном зависят от состава теплоносителя, особенно от наличие влаги в теплоносителе (т.е. от поля влагосодержания в теплоносителе - ПВА), которая в свою очередь может вноситься в теплоноситель с помощью специальных устройств создания влаги в теплоносителе (УСВТН) или выделяться (что имеет место чаще) из материала при его термообработке.

Для создания силового поля аппарата (СПА) в движущемся обрабатываемом материале имеются натяжные станции (НС), чаще всего две и более, перемещающие материал с разной скоростью. При этом материал вытягивается (или усаживается) и в нем возникает соответствующее усилие – натяжение, которое зависит и от свойств обрабатываемого изделия, т.е. от уровня VI. Иногда может использоваться и одна натяжная станция, в этом случае на раскатке материал тормозится с помощью фрикционных устройств, за счет чего создается натяжение. Более двух натяжных станций (которые могут быть как самостоятельными, так и с жесткой кинематической связью) используется в многозонных процессах, когда в каждой зоне необходимо поддерживать свое натяжение. Здесь поле натяжения является практически ступенчатой функцией длины (материала) и времени. На это распределение помимо многозонности оказывает влияние и конструкция рабочей зоны (КРЗ) движения материала, в частности наличие неприводных инерционных валков, используемых для увеличения заправочной длины при одинаковых габаритах установки, трение в подшипниках этих валков. Следует отметить, что некоторая несоосность, искривление транспортирующих или поддерживающих валков может вызывать неравномерность натяжения по ширине ткани,

приводящей к изменению плотности ткани по ширине (разрежению и сжатую).

В ряде случаев технические ткани, особенно равнопрочных структур, могут обрабатываться при независимом создании вдоль нитей основы и нитей утка. Это возможно, например, при использовании клуппных зажимов специальных конструкций. Силовое поле в ткани характеризуется векторной величиной натяжения. Создающие натяжение устройства и некоторые другие элементы конструкции аппарата (ЭКА), касающиеся текстильного материала, могут создавать дефекты в текстильной структуре (обрыв отдельных волокон) и на поверхности волокна. Их следует учитывать и анализировать.

Помимо теплового, силового полей влагосодержания на эффект термообработки, как указывалось выше, существенно влияет и время обработки, которое определяется скоростью движения материала, формируемой натяжными станциями и заправочной длиной установки, т.е. КРЗ (имеется в виду при неизменной схеме заправки). На схеме выделен узел ЭЗП – энергозатраты на процесс и показаны основные влияния на него. Энергозатраты на процесс важно учитывать как при проектировании оборудования, так и при его эксплуатации. Всегда следует стремиться их минимизировать.

Связь рассматриваемого иерархического уровня V с предыдущим осуществляется через параметры теплового поля аппарата (ТПА), создающего определенный характер изменения температуры материала (причем может быть существенным и обратное влияние текстильного изделия на ТПА), параметры силового поля СПА (распределение натяжения по длине зоны), зависящие и от свойств текстильного изделия, параметры поля влагосодержания ПВА в теплоносителе, оказывающего пластифицирующее действие на полимер.

На иерархическом уровне III рассматриваются элементарное волокно, его свойства. Волокно как сплошная среда характеризуется энергетическим, механическим, термическим и структурным состояниями, которые связаны между собой. Примем принцип детерминизма энергетического состояния, со-

гласно которому внутреннее энергетическое состояние волокна в любой момент времени вполне определено, если известны остальные основные состояния (термическое, структурное, механическое) в тот же момент времени. Этот случай не следует путать с общеизвестным фактом для полимеров, который заключается во влиянии механического и термического состояний на структурное состояние полимера. Из последнего следует, что структурное состояние в любой момент времени не определяется механическим и термическим состояниями в тот же момент времени, а определяется их историей, однако энергетическое состояние в любой момент времени однозначно определяется структурой полимера, механическим и термическим состояниями.

Каждое из основных состояний волокна можно отнести к одной из двух разновидностей: активной и реактивной. Активные состояния связаны с внешними воздействиями, а реактивные – с внутренней реакцией волокна на эти воздействия.

Все состояния полностью характеризуются макромасштабными мерами- параметрами состояния. Такими параметрами для механического, термического и структурного состояний соответственно являются: активные – напряжение, температура и обобщенные диссипативные силы; реактивные – деформация, энтропия и параметры состояния структуры. На рис. 2 активные параметры в волокне характеризуются соответственно полем температур (ПТ), полем сил (ПС), диссипативно-структурными силами (ДСС), отвечающими за рассеяние энергии на преобразование структуры полимера; реактивные параметры характеризуются энтропией волокна (ЭВ), деформацией волокна (ДВ), структурными характеристиками (СХ), определяемыми нижними иерархическими уровнями. В общей деформации выделен специфический вид деформации высокоориентированных волокон – усадка волокна (УВ), а при анализе поля температур учтены внутренние тепловыделения или теплопоглощения (ВТВ), обусловленные преобразованиями структуры и влияющие на поле температур в волокне.

Самостоятельная работа

1. Ознакомиться с методологией системного анализа.
2. Провести декомпозицию объекта исследования, выделив подчиненные подсистемы, которые можно рассмотреть отдельно.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Моделирование случайных процессов на ЭВМ с помощью датчика случайных чисел, проверка качества Random N с помощью критерия хи-квадрат.

Цель работы: Освоение методики определения уравнений регрессии, описывающих экспериментальные зависимости для двух переменных.

Содержание работы

1. Статистическая обработка первичных результатов эксперимента.
2. Расчет критерия Кочрена и проверка однородности дисперсии в опытах матрицы.
3. Определение средней дисперсии выходного параметра в опытах матрицы.
4. Определение коэффициентов регрессии и составление уравнения регрессии.
5. Определение адекватности уравнения регрессии. Расчет критерия Фишера.
6. Оценка значимости коэффициентов регрессии.
7. Определение доверительных интервалов средних и индивидуальных значений выходного параметра.
8. Построение графика полученного уравнения регрессии.
9. Анализ результатов работы. Формулировка выводов.

Методические указания

1. Статистическая обработка первичных результатов эксперимента.
2. Расчет критерия Кочрена и проверка однородности дисперсии в опытах.
3. Определение средней дисперсии выходного параметра в опытах.
4. Определение коэффициентов регрессии и составление уравнения регрессии.
5. Определение адекватности уравнения регрессии.
6. Оценка значимости коэффициентов регрессии.

Решение данной задачи рассмотрим на примере функции двух переменных. Пусть имеется ряд значений $Y=F(X_1, X_2)$, где X_1, X_2 – независимые переменные. Требуется определить уравнение регрессии, описывающее экспериментальную зависимость $Y=F(X_1, X_2)$ с той или иной степенью точности.

Для решения поставленной задачи необходимо определить, в каком виде будем искать уравнение нелинейной регрессии функции двух переменных. В случае функции нескольких переменных невозможно представить имеющуюся экспериментальную зависимость графически. Это затруднительно даже в случае функции двух переменных, так как Excel не всегда хорошо строит графики поверхностей. Если вид уравнения неизвестен априори, будем искать уравнение регрессии в наиболее простом виде – в виде полинома второго порядка.

Тогда уравнение регрессии будет иметь вид:

$$Y = b + a_1 \cdot X_1^2 + a_2 \cdot X_2^2 + a_3 \cdot X_1 \cdot X_2 + X_1 \cdot a_4 + a_5 \cdot X_2$$

В результате проведения регрессионного анализа будут определены параметры уравнения регрессии $b, a_1 - a_5$ и коэффициент корреляции R^2 . Если коэффициент R^2 недостаточно высок, следует повысить степень полинома или выбрать уравнение регрессии другого вида.

Последовательность выполнения работы:

1. Ввести исходные данные.
2. Определить область определения функции.
3. Определить вид аппроксимирующей функции.
4. Дополнить блок исходных данных недостающими расчетными величинами.
5. Провести регрессионный анализ, используя функцию ЛИНЕЙН(), и определить параметры уравнения регрессии и коэффициент корреляции.
6. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Выполнение работы в среде Excel

Начинаем выполнение работы, как всегда, с формирования блока исходных данных. Кроме величин Y , X_1 , X_2 , приведенных в таблице исходных данных, введем в блок исходных данных расчетные величины X_1^2 , X_2^2 , $(X_1 X_2)$.

Расчетный блок или массив, в который будет введена формула массива ЛИНЕЙН(), должен иметь размер пять строк по вертикали и $(n+1)$ столбцов по горизонтали. В данном случае $n = 5$, так как в блоке исходных данных содержатся пять столбцов с независимыми переменными, их квадратами и их произведением.

Следует помнить, что формула массива реализуется нажатием комбинаций клавиш Shift + Ctrl + Enter.

Следует обратить внимание на то, в каком порядке располагаются в блоке исходных данных все вышеперечисленные величины. Искомые параметры уравнения регрессии b , a_i - Us будут располагаться в расчетном блоке в обратном порядке, т.е. крайним справа в расчетном блоке будет располагаться свободный член уравнения регрессии, далее справа налево - коэффициент при переменной, находящейся в первом слева столбце исходных данных, коэффициент при переменной, находящейся во втором столбце исходных данных, и т. д.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается регрессионный анализ для функции одной переменной от регрессионного анализа для функции нескольких переменных?
2. Как необходимо преобразовать блок исходных данных для уравнения регрессии в виде полинома второго порядка?

Литература

Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. ВНУ-Санкт-Петербург, 1997, - С.347-349.

Самостоятельная работа

1. Провести регрессионный анализ, используя функцию ЛИНЕЙН(), и определить параметры уравнения регрессии и коэффициент корреляции.
2. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Моделирование внешней структуры технологического процесса изготовления изделий. Математическая формулировка.

Проектирование технологического решения.

Цель работы: Ознакомление с типами моделей и процессом моделирования строения полотен.

Содержание работы

1. Ознакомление с общей схемой явлений и их взаимодействием при разработке общей математической модели поведения полотен в температурно-силовых полях.
2. Ознакомление с процессом моделирования структуры и свойств полотен.

3. Понятие о точности модели: точности исходных данных и адекватности моделей.
4. Ознакомление с входящими моделями.

Методические указания

1. Изучить структуру построения математической модели поведения полотен в температурно-силовых полях.
2. Изучить типы моделей и возможность их применения к конкретному текстильному изделию.
3. Изучить факторы, обеспечивающие точность моделей.

Современной методологической основой изучения технологических процессов, конструирования технологического оборудования и систем управления ими в связи с бурным развитием вычислительной техники является математическое моделирование. Математическая модель как инструмент при выборе оптимальных условий проведения процесса широко используется не только в научных исследованиях, но и при решении инженерных производственных задач.

Наиболее эффективным для построения общей теории поведения текстильных полимерных материалов в температурно-силовых полях, пригодной для решения различных научных и инженерно-технических задач, является моделирование каждого уровня отдельно с учетом краевых условий, при этом все частные подсистемы нижнего уровня входят в модель соответствующего верхнего уровня. На рис. 5 представлена общая схема явлений и их взаимосвязи при разработке общей математической модели поведения текстильных материалов в температурно-силовых полях.

Математическое описание явлений I уровня должно строиться с использованием достижений молекулярной и статистической физики, II уровня

— на основе физики и термодинамики полимеров, III - на основе механики сплошных сред и термодинамики. Описание явлений IV уровня может быть построено исходя из геометрического, силового и теплового анализа текстильного изделия (ткани, нитей), явления V уровня должны моделироваться методами теплофизики, аэродинамики, а также с учетом геометрических соотношений.

Для решения практических инженерных задач целесообразно использовать для комплексного описания нижних четырех иерархических уровней формальные методы, а именно экспериментально-статистические. Такое математическое описание обязательно должно дополняться неформальным описанием процессов создания и состояния тепловых, влажностных и силовых полей и в ряде случаев их взаимодействия с текстильным изделием. В противном случае очень трудно обеспечить правильное проектирование аппаратов, систем управления ими, оптимальное с энергетической и в итоге экономической точки зрения проведения процесса.

К достоинству экспериментально-статистических методов, к которым относятся методы планирования эксперимента и обработки экспериментальных результатов, при изучении процесса термообработки текстильных полимерных материалов следует отнести формализацию применения, что облегчает проблемы идентификации и проверки адекватности модели, отсутствие необходимости четкого представления всех происходящих процессов в полимере, простоту полученного математического описания, связывающего технологические режимы процесса на конкретном оборудовании со свойствами конкретного типа обрабатываемого текстильного изделия. Такая модель позволит оптимизировать режимы процесса, предсказывать свойства материала при известных режимах, т. е. решать производственные технологические задачи.

Недостатками экспериментально-статистических методов являются полное отсутствие какой-либо информации о происходящих преобразованиях в полимере, применимость модели для каждого вида текстильного матери-

ала и только для того аппарата, где она получена, невозможность выбора распределенных режимов процесса. Это связано с наличием в каждом аппарате явных или скрытых конструктивных особенностей, приводящих к неоднородности по зоне обработки теплового (температура теплоносителя, характер его движения и т. п.) и силового (разные конструкции и условия работы натяжных станций, трение в подшипниках неприводных валиков, их несоосность и т. п.) полей. Именно поэтому нельзя переносить автоматически результаты работ по изучению связи режимов процесса со свойствами текстильных изделий с одних установок на другие, в частности — с лабораторных на промышленные. На лабораторных установках, как правило, обеспечивается высокая степень однородности и стабильности внешних полей, осуществляется постоянный всеобъемлющий контроль за основными и вспомогательными режимами, всего этого нельзя обеспечить на промышленных установках. Поэтому результаты лабораторных исследований позволяют оценить принципиальные возможности процесса, той или иной технологической схемы и т. п., а промышленные могут применяться для управления качеством продукции, т.е. свойствами текстильных материалов.

Моделирование структуры и свойств полотен

Моделирование-это метод исследования объектов и процессов реального мира с помощью построения их аналога - модели (физической или математической), проведения эксперимента на этой модели и перенесением результатов на оригинал (исходный объект или процесс). Это перенесение не означает простое равенство параметров модели и оригинала, а требует определенной интерпретации последних. Таким образом, процесс моделирования включает три стадии: 1) построение модели; 2) исследование модели; 3) перенесение результата с модели на объект (рис.6).

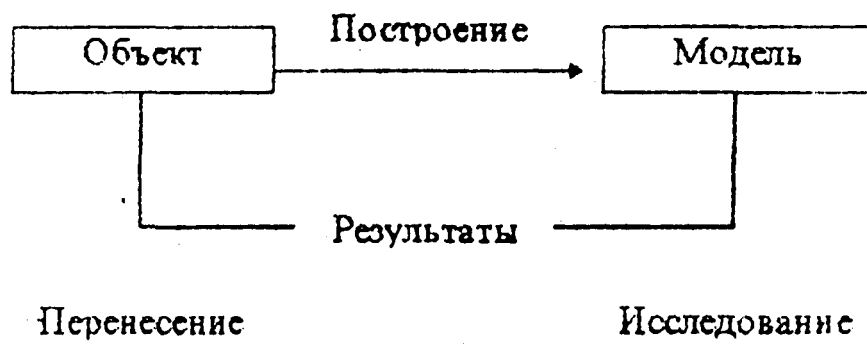


Рис.6. Стадии моделирования



Рис. 5 Структура построения математической модели поведения текстильного полимерного материала в температурно-силовых полях

Модели бывают самые разные; физические, аналоговые, математические... Пример физической модели - опытный бассейн для испытания судов, аналоговой - АВМ. Мы будем заниматься математическими моделями.

Модель и объект

Математическое моделирование технологических процессов ставит своей целью получение данных о "качестве" процесса без трудоемких экспериментальных исследований методом проб и ошибок, на большом массиве условия эксперимента. При общем подходе к моделированию выделяют понятия объекта моделирования, физической модели и математической модели. Их соотношение показано в табл. 1 на примере моделирования взаимодействия нити и нитепроводника: расчета натяжения нити после нитепроводника P_1 ; по заданному натяжению до нитепроводника P_0 и углу обхвата ϕ .

Таблица .1. Структура математической модели

Общая схема	Пример: взаимодействие нити нитепроводника (теоретическая и эмпирическая модели)	
Реальный объект/явление физические процессы константы и свойства	трение: коэффициент трения μ изгиб нити; изгибная жесткость B деформации нити деформации нитепроводника выделение тепла истирание нити истирание нитепроводника	
Физическая модель (теоретическая и эмпирическая)	Закон Амонтона $F = \mu Q$ Гибкость нити Невесомость нити Уравне-	Результаты натурального эксперимента с различными $P_0 \text{ è } \phi$
Математическая модель (теоретическая и эмпирическая)	Уравнение Эйлера $P_1 = P_0 e^{\mu \delta}$	Регрессионная модель $P_1 = b_0 + b_1 P_0 + b_2 \delta + b_{12} P_{0\delta}$

При создании теоретической и эмпирической моделей выделяются стадии, показанные в табл. 2.

Таблица 2. Стадии построения математической модели

Теоретическая модель	Эмпирическая модель
Выделение существенных черт явления	
Математическая формализация физических постулатов	Выделение экспериментально контролируемых параметров
Привлечение фундаментальных физических законов для записи определяющих уравнений	Планирование эксперимента с изменением параметров
Решение уравнений	Проведение эксперимента и обработка его результатов
Результат: Математическая модель в виде явно или алгоритмически заданной зависимости входных и выходных параметров	Результат: Математическая модель в виде регрессионной зависимости

Любая модель может усложняться ради достижения большей точности (адекватности). В нашем примере можно, скажем, учитывать или нет изгибную жесткость нити, при этом получаются соответственно модели:

$$P_1 = D_0 \dot{a}^{\mu \hat{\sigma}} \quad (1)$$

$$P_1 = D_0 \dot{a}^{\mu \hat{\sigma}} - \frac{\hat{A}}{2(R+r)^2} (e^{\mu \hat{\sigma}} - 1) \quad (2)$$

где R и r - радиусы нитепроводника и нити.

При усложнении теоретической модели придется ввести новые параметры (изгибная жесткость, размеры нитепроводника и нити), определение которых достаточно неточно. При усложнении эмпирической модели увеличивается размерность пространства факторов эксперимента и вместе с ней его объем и дороговизна. Эти взаимосвязи можно схематически выразить графиками рис.7 или символической формулой:

точность модели = точность исходных данных x на адекватность модели

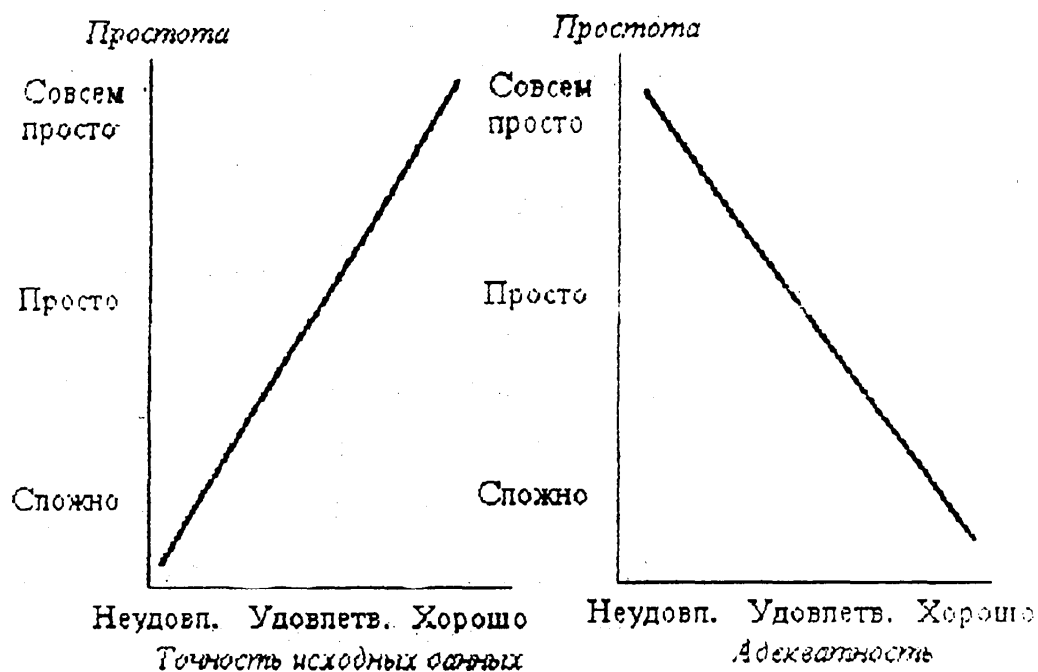


Рис.7. Взаимосвязь простоты моделей, точности несходных данных и адекватности моделей.

Виды данных

Данные (величины, используемые в модели) можно разделить на (рис 8):

- входные величины - параметры, влияющие на протекание технологического процесса и представляющие технологический регламент, свойства среды, свойства перерабатываемого продукта и т.д. (они считаются заданными a priori);

- выходные величины - параметры (показатели), по которым либо судят о "качестве" технологического процесса, либо планируют его проведение - их определение и является целью моделирования;

- внутренние временные - величины, используемые в модели для получения выходных данных по входным.

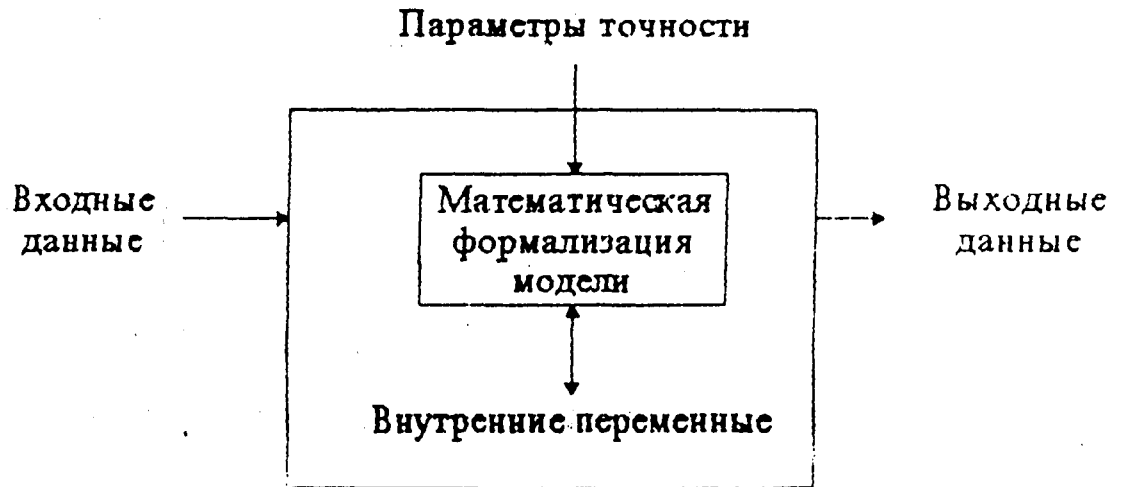


Рис. 8. Виды данных модели

В нашем примере входными данными будут коэффициент трения, угол обхвата, входное натяжение (для модели (1)); для модели (2) сюда добавятся изгибная жесткость нити и радиусы нити и нитепроводника. Внутренней переменной будет, например, изгибающий момент $\hat{I} = \hat{A}/(R+r)$, ненужный с точки зрения исследования натяжения нити, но появляющийся при выводе (2). Параметром точности здесь будет просто количество значащих цифр при расчете.

Различные входные данные вносят различный вклад в изменение выходных данных. Поэтому возникает своего рода иерархия переменных по значимости, возможно, своя в каждой области параметров процесса. В нашем примере P_0 и ϕ оказывают решающее влияние на P_1 ; изгибная жесткость влияет на результат только при $\hat{A}/2/(R+r)^2 \sim P_0$, т.е. только при достаточно малом R ($R/r \sim 60 \dots 100$)

Виды моделей

Итак, по степени "проникновения в сущность" явлений можно построить лестницу моделей (рис. 9).

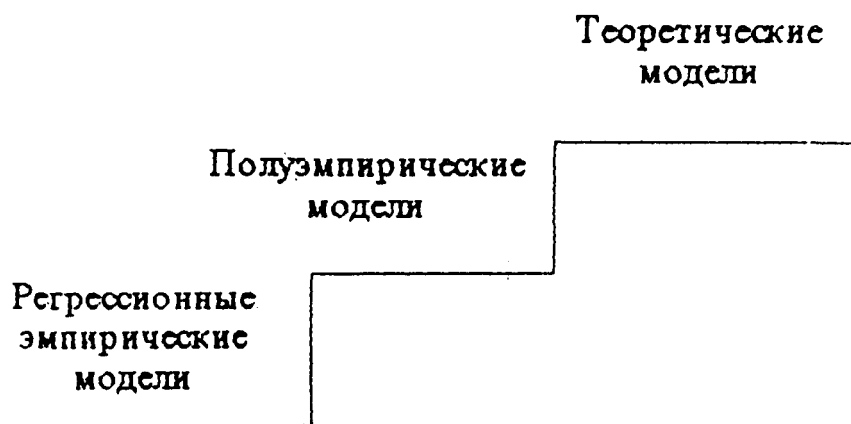


Рис 9. Лестница моделей

Отличительным признаком эмпирической модели является присутствие в ней соотношений типа

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + \dots \text{ или}$$

$$y = A x_1^{a_1} x_2^{a_{21}} x_3^{a_{23}}$$

со значениями параметров, производящих впечатление случайного набора цифр, например:

$$y = 1.587 x_1^{0.939} x_2^{-1.28}$$

Это и понятно - ведь все эти параметры получены на основе статистических методов и в сущности являются случайными величинами, определяемыми использованной выборкой. Очевидно, что такие модели верны лишь только в исследованной области изменения входных параметров. Подробнее эти вопросы изучаются в курсе МИСИ.

Напротив, в математической формализации теоретических моделей каждый элемент выражает объективное свойство среды, вещества, устройства и т.д., а форма математических выражений - достаточно универсальные физические закономерности. Адекватность такой модели, ограничивается областью адекватности этих физических закономерностей и возможной точностью определения параметров.

Промежуточной стадией являются полуэмпирические модели. Представим себе, что при построении физической (умозрительной) модели известно, что в процессе определенную роль играет какое-то явление, но мы не можем построить его описание или не уверены, что сможем определить параметры, управляющие его течением. Тогда можно воспользоваться математической формализацией модели без учета этого фактора и ввести туда поправочный член или коэффициент, который будет определяться экспериментально. Примером может служить известная формула А.Н.Соловьева для расчета прочности пряжи. Мощным методом создания полуэмпирических моделей является теория размерностей или подобия. Например, имея уравнение (!), желая учесть изгибную жесткости нити и принимая во внимание, что соответствующая поправка должна зависеть от кривизны средней линии нити $l/(R+r)$ и возможно величина охвата и коэффициента трения, запишем:

$$P_1 = P_0 e^{\mu \hat{\sigma}} + \Delta P(B, R+r, \hat{\sigma}, \mu)$$

Учитывая, что $[\hat{A}] = \dot{I} \cdot \dot{i}^2$, $[R+r] = \dot{i}$ (в согласованной системе единиц), получим из согласования размерностей

$$\Delta P = \dot{A} \frac{\hat{A}}{(R+r)^2} f(\hat{\sigma}, \mu)$$

где безразмерная функция f должна быть определена из эксперимента.

На основе любой математической модели, которая рассматривает детерминированный процесс, может быть построена статистическая модель, позволяющая определить статистические характеристики процесса. Наиболее распространенная структура таких моделей показана на рис. 10. Она реализуется в виде программы для ЦВМ, включающей в себя блоки моделирования квазислучайных входных данных, их преобразования в соответствии с содержательной моделью процесса и обработки выходных данных для получения их статистических характеристик. Этот подход, где исследователь, в отличие

от Бога, "играет с миром в кости" (А-Эйнштейн), носит название метода Монте-Карло.

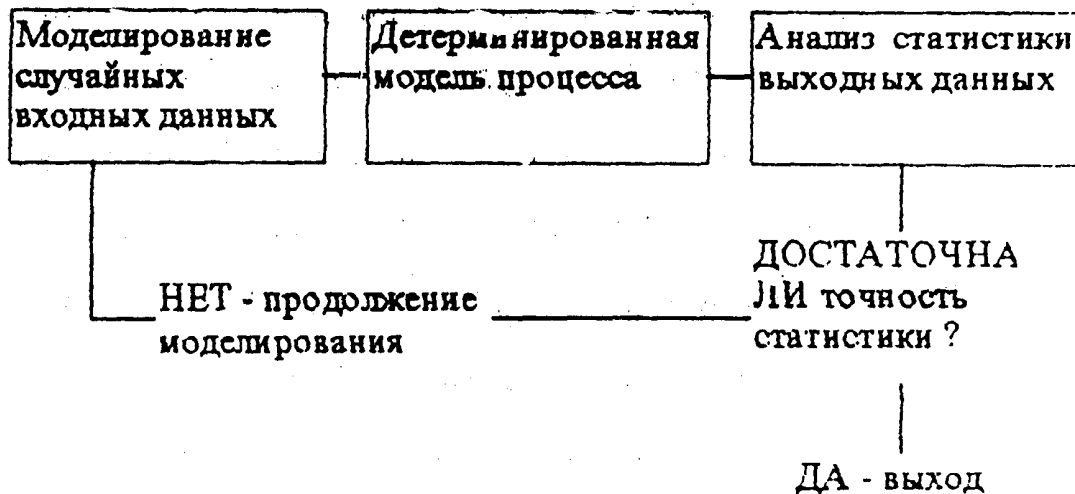


Рис. 10. Имитационная статистическая модель

Точность модели

Точность модели обеспечивается следующими факторами;

- а) адекватностью математического описания;
- б) точностью исходных данных;
- в) погрешностью метода решения уравнений или обработки результатов эксперимента;
- г) вычислительной погрешностью;
- д) погрешностью интерпретации результатов.

Точность результатов моделирования определяется совокупной ошибкой. При этом ясно, что если что-то из факторов а)-г) не обеспечивает высокой точности, то не следует стремиться к повышенной точности и в других пунктах. Анализ точности исходных данных позволяет снизить требования к адекватности модели, повысить ее простоту и снизить стоимость моделирования. Если, скажем, из-за неустойчивой работы натяжного устройства P_0 определяется с погрешностью 10%, например, $P_0 = 100 \pm 10\tilde{n}I$, то при

$$\hat{A} = 1\tilde{n}\hat{I} \cdot \ddot{u}^2, R = 10\ddot{u}, r = 0.3\ddot{u} \quad \text{поправка в (2)} \quad \hat{A}/2/(R+r)^2 = 0.5cH,$$

и ее явно не следует учитывать - можно пользоваться упрощенной моделью (1). То же относится и к точности задания параметров эмпирических и полу-эмпирических моделей. Зачастую их коэффициенты переписываются с экрана компьютера или калькулятора с шестью, а то и десятью значащими цифрами - когда истинная точность модели - один знак после точки!

Любая модель, описывающая ткань - в процессе изготовления, испытания или эксплуатации - должна уметь распознавать ее переплетение, математически его описывать и вычислять его характеристики. При этом можно выделить следующие три задачи:

- кодировать переплетение - построить его математическую формализацию;
- проверить переплетение - множество математических формализации (кодировок) переплетений может содержать как практически реализуемые, так и "невозможные" переплетения (например, невозможен сатин, в котором раппорт и сдвиг имеют общие делители), поэтому возникает задача проверки корректности кодировки;
- рассчитать характеристики переплетения - по заданной кодировке определить, например, величину максимального перекрытия, коэффициент связности и т.п.

Самостоятельная работа

1. Изучить структуру построения математической модели.
2. Изучить типы моделей и возможность их применения к конкретному текстильному изделию.
3. Определить факторы, обеспечивающие точность моделей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Математическое моделирование строения и свойств полотен. Расчет строения ткани. Разработка программы для расчета строения однослойной ткани полотняного переплетения. Численный эксперимент.

Цель работы: Изучение процесса моделирования тканей: построение матриц переплетений, кодировка главных переплетений, разработка главных переплетений, разработка программы для расчета строения ткани.

Содержание работы

1. Изучить принцип формирования матрицы переплетения с кодировкой главных переплетений.
2. Изучить принципы описания свойств нитей, описание переплетений в разработанной программе.
3. Изучить работу с окнами системы:
 - главное окно и окна расчета
 - диалог полного описания ткани
 - диалог редактора переплетения
 - диалог описания нити
 - диалоги расчета сечения ткани

Матрица переплетения

Переплетение однослойной ткани, представленное рисунком раппорта, естественным образом кодируется матрицей W размером $R_0 \times R_y$ (где R_0 и R_y суть размеры раппорта по основе и утку) по следующему правилу:

$$W = \left\| w_{ij} \right\|$$

$\|w_{ij}\| = 0$ если перекрытие i -ой нити основы и j -ой нити утка основное
 1, если перекрытие i -ой нити основы и j -ой нити утка уточное
 $i = 1 \dots R_0, j = 1 \dots R_y$

Элементы матрицы и w_{ij} называются кодами пересечения.

Пример показан на рис.11. Обратим внимание, что матрица "переворачивается" по сравнению с рисунком раппорта из-за обратной нумерации строк на нем.

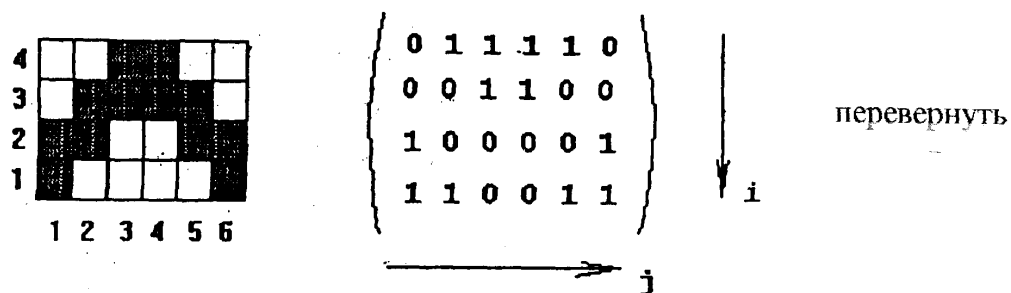


Рис.11 Рисунок раппорта и матрица переплетения

Кодировка главных переплетений

Полотно

Эта кодировка не требует пояснений:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Саржа п/т

Из рис.12 ясна формула для получения элементов матрицы:

$$w_{ij} = 0, \text{ если } j \bmod m \leq i \leq (j + n) \bmod m$$

1 иначе

Здесь следует обратить внимание на операцию взятия остатка, позволяющую единой формулой записать условие при переходе

характерного элемента рисунка через границу раппорта.

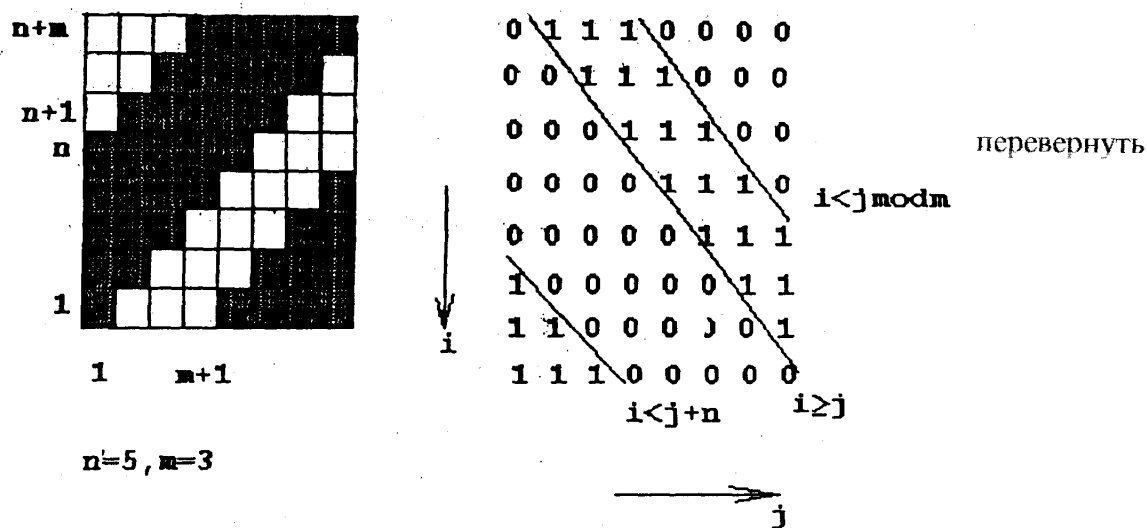


Рис. 12. Кодировка переплетения саржа п/т

Сатин S/R

Из рис.13 ясна формула для получения элементов матрицы:

$$w_{ij} = 0 \text{ если } j = (i + (i - l)S) \bmod R - 1, \text{ иначе}$$

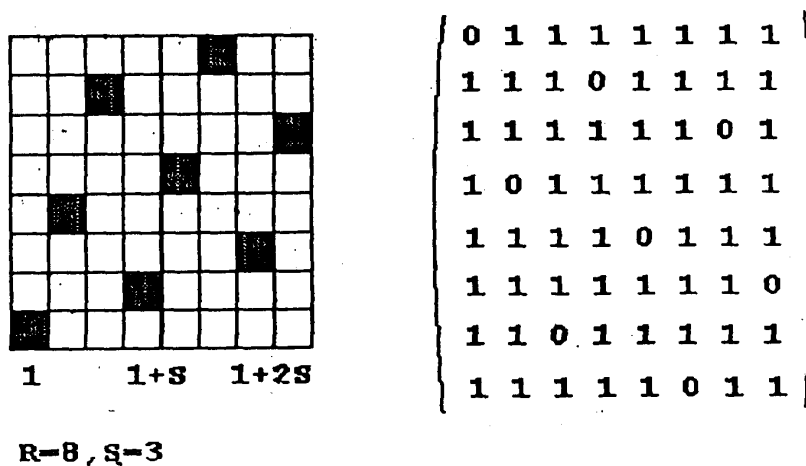


Рис.13 Кодировка переплетения сатин S/R

Корректность матрицы переплетения

Недопустимы переплетения, в которых какая-либо нить основы или утка не удерживается нитями противоположной системы, т.е. проходит либо

по лицевой, либо по изнаночной поверхности ткани. Это можно выразить через коды пересечения так:

$$\text{для любого } w_{ij} \equiv 0, w_{ij} \equiv 1, j = 1 \dots R_y$$

Примеры расчета характеристик переплетения

Основное или уточное переплетение

Переплетение будет основным, если основных перекрытий больше, чем уточных. Заметим, что в сумму

$$S = \sum_{i=1}^{R_0} \sum_{j=1}^{R_y} w_{ij}$$

основные перекрытия вносят вклад 0, а уточные - вклад 1, поэтому количество уточных переплетений равно S , а основных $R_0 R_y - S$. Тогда переплетение будет основным, если $S < R_0 R_y / 2$, и уточным если

$$S > R_0 R_y / 2$$

Максимальная длина перекрытия

Длиной основного перекрытия называется количество рядом расположенных основных пересечений на нити основы. Длиной уточного - уточных на нити утка. Рассмотрим для определенности основные перекрытия.

Как определить по матрице переплетения длины основных перекрытий на некоторой нити основы i ? Человек может легко пересчитать клеточки на рисунке - а как это сделает машина? Рассмотрим следующий набросок алгоритма, который определяет длину перекрытия f .

Алгоритм 1

1. Рассматривается элемент матрицы переплетения w_{ij} . Если

$$w_{ij-1} = 1, w_{ij} = 0$$

то фиксируем начало перекрытия, иначе рассмотрим следующий элемент.

2. Если перекрытие началось, то рассматриваем элемент w_{ij-1} . Если $w_{ij-1} = 0$, то увеличиваем f на 1 и рассматриваем следующий элемент. Если $w_{ij-1} = 1$, то фиксируем конец перекрытия и запоминаем f .

Этот алгоритм действительно определяет длину перекрытия, но при внимательном его рассмотрении обнаруживаются трудности. Если применять его в пределах раппорта, то при $j=1$ окажется $j-1=0$; а при $j=R_y$, $j+1=R_y+1$, а при этих значениях индексов код пересечения не определен. Таким образом, нужно модифицировать этот алгоритм, чтобы можно было выходить за пределы раппорта. Рассмотрим рис.14; на котором показана нить основы i и случай, когда перекрытие переходит границу раппорта.

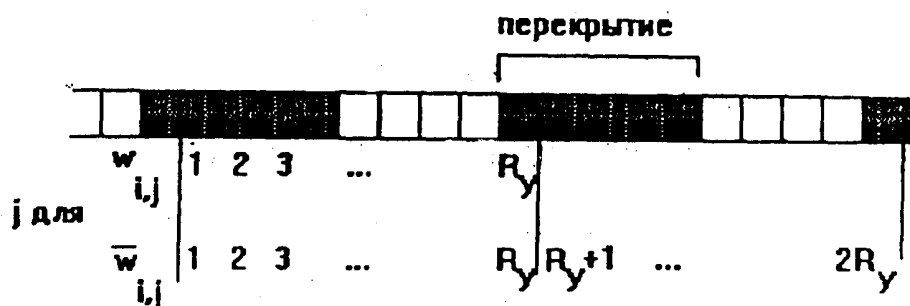


Рис.14. Схема к алгоритму 2

Из рис.14 ясно, что для того, чтобы учесть перекрытия, переходящие через границу раппорта, следует рассматривать два раппорта одновременно, построив последовательность

$$\overline{w}_{ij-1} = w_{ij \bmod R_y}, j = 1 \dots 2R_e \quad (1)$$

Теперь можно построить алгоритм для расчета максимального перекрытия.

Алгоритм 2

1. Удвоение раппорта. Построить последовательность $\overline{w_{ij}}$ по правилу (1);

2. Инициализация набора перекрытий $\{f_n\}$. $n=0$

3. Инициализация перебора пересечений. $j=2$ (перекрытие, которое может начаться при $j=1$, будет учтено при $j=R_y+1$).

4. Инициализация состояния перебора. Вводим логическую переменную Π , которая принимает значение 1, если при текущем y пересечение принадлежит основному перекрытию, и 0 в противном случае. $\Pi=0$.

5. Анализ очередного пересечения

$\Pi=0$

5а. Проверка начала перекрытия.

Если $\overline{w_{i6j-1}} = 1 \wedge \overline{w_{ij}} = 0$, то фиксировать начало перекрытия: положить $\Pi=1$, $f_{mek} = 1$

Иначе ничего не делать

$\Pi=1$

5а. Проверка продолжения/окончания

Если $\overline{w_{ij}} = 0$, то увеличить f_{mek} на 1

Иначе фиксировать окончание перекрытия: положить $\Pi=0$. увеличить n на 1 и положить $f_n = f_{mek}$

6. Увеличить j на 1. Если $j < 2R_y - 1$, то перейти на шаг 5, иначе выбрать $f_{max} = \max\{f_n\}$

Связность переплетения

Классификация полей переплетения

Пересечения нитей основы и утка, кодируемые матрицей переплетения, не говорят прямо о том, что происходит между ними, какова структура поверхности ткани. Г.И.Селивановым введена классификация т.н. ролей раппорта ткани, т.е. участков ее поверхности (рис.15)

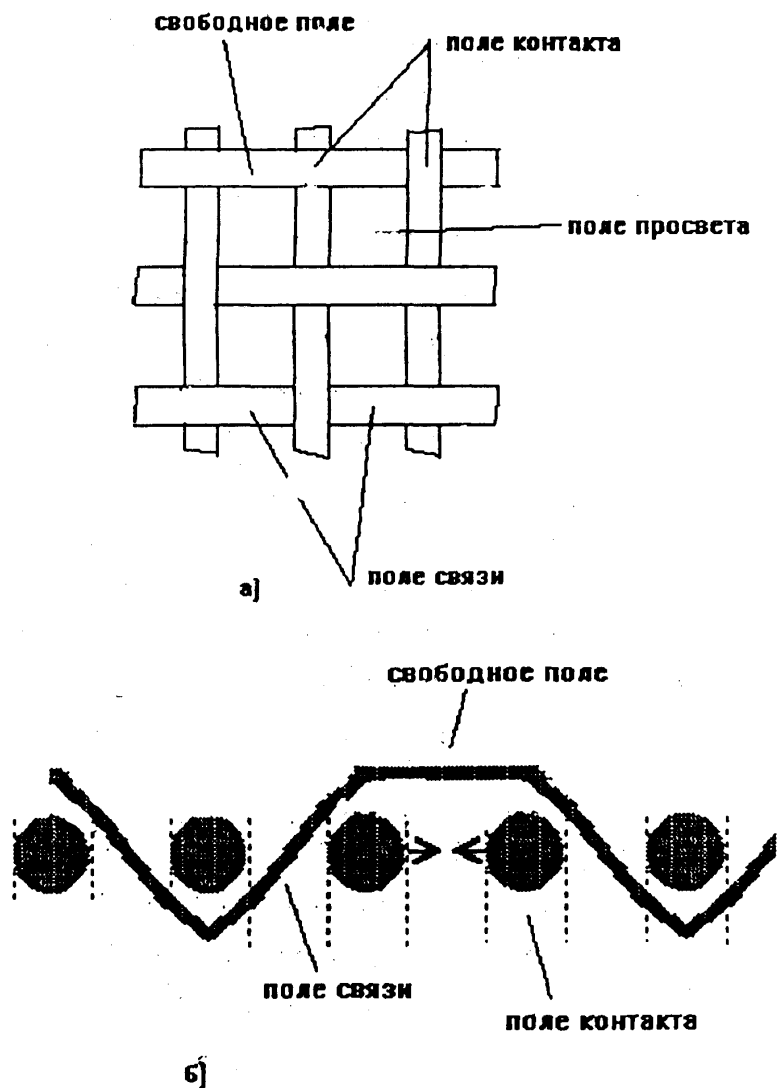


Рис. 15. Классификация полей раппорта ткани по Г.И.Селиванову;
 (а) поверхность ткани; (б) разрез по одной из нитей.

Стрелки показывают направления возможного смещения нитей

В этой классификации выделяются:

поля контакта - участки пересечения нитей;

поля просвета - участки между нитями;

поля связи - участки на нитях между пересечениями, на которых нить переходит с одной стороны ткани на другую;

свободные поля - участки на нитях между пересечениями, на которых нить не переходит с одной стороны ткани на другую;

Почему это важно? Реальное положение нитей в ткани отличается от идеального, задаваемого рисунком раппорта и прямолинейными

направлениями натянутой основы и прокладываемого утка. Под действием сил взаимодействия основы и утка нити смещаются со своих средних положений. При этом смещении свободное поле может «закрыться», а поле связи - нет. Нити приобретают т.н. боковой изгиб, меняется форма и размер полей просвета, а вместе с ними - пористость ткани, воздухопроницаемость и т.д. Из-за дополнительного изгиба нитей увеличивается уработка, изменяется поверхностная плотность ткани.

С помощью кодов пересечения легко определить наличие поля связи или свободного на нитях основы и утка. Например, правее пересечения (ij) на i-ой нити основы свободное поле, если

$$(w_{ij} = 0 \wedge w_{i,(j+1) \bmod R_y} = 0) \vee (w_{ij} = 1 \wedge w_{i,(j+1) \bmod R_y} = 1)$$

и поле связи иначе.

Важнейшей характеристикой переплетения является его связность, т.е. количественная характеристика степени закрепления нитей в нем. Максимальной связностью обладает полотняное переплетение, в котором каждая нить пересекается с каждой; нулевой связностью обладает "ткань", в которой нити основы и утка пересекаются, но не сцеплены друг с другом - нити основы проходят целиком по, скажем, лицевой поверхности ткани, а нити утка - по изнаночной. Связность переплетения оказывает влияние на все параметры ткани:

на уработку нитей, поскольку чем сильнее связано переплетение, тем сильнее изогнуты в нем нити:

на поверхностную плотность, которая напрямую связана с уработкой;

на прочность, поскольку изменение изгиба нитей меняет силы их взаимодействия;

на сопротивление сдвигу и драпируемость, поскольку менее связанная ткань более подвижна;

на пористость и воздухопроницаемость, поскольку при большей подвижности нитей сильнее искажаются поля просвета в переплетении.

Связность можно характеризовать, например, соотношением

количества полей связи и свободных полей в раппорте. Однако более точно ее характеризует т.н. коэффициент уплотненности переплетения.

Коэффициент уплотненности переплетения

Коэффициент уплотненности переплетения, введенный В.П. Склянниковым позволяет оценивать связность переплетения не только по количеству полей связи, но и по потенциальной возможности уничтожения полей просвета при смещении нитей в ткани. Коэффициентом уплотненности C по В.П. Склянникову называется отношение суммы фактического количества полей связи и просвета (с учетом возможного закрытия последних) в переплетении к этому количеству в полотняном переплетении при том же размере его раппорта. Это последнее количество равно $3R_0R_y$:

$$C = \frac{n_{\text{связи}} + n_{\text{просветс}}^{\text{факт}}}{3R_0R_y} \quad (2)$$

Рассмотрим алгоритм вычисления этого показателя. Вместо количества полей связи будем оперировать с количеством свободных полей

$$n_{\text{связи}} = 2R_0R_y - n_{\text{своб}} \quad (3)$$

Для расчета фактического количества свободных полей рассмотрим все возможные варианты их расположения в элементе переплетения - рис. 16 (с точностью до преобразования симметрии). Для каждого из этих вариантов можно подсчитать относительное количество ликвидируемых полей просвета k_n . Учитывая, что при отсутствии переплетения число ликвидируемых полей просвета равно половине общего числа свободных полей (по основе и утку), получим, что среднее количество ликвидируемых полей просвета для каждого шаблона при учете его расположения по основе и по утку равно $k_n / 2$. Тогда фактическое число полей просвета при сплошном заполнении раппорта n -ым шаблоном будет равно

$$R_0 R_y - n_{\text{своб}} k_n / 2 \quad (4)$$

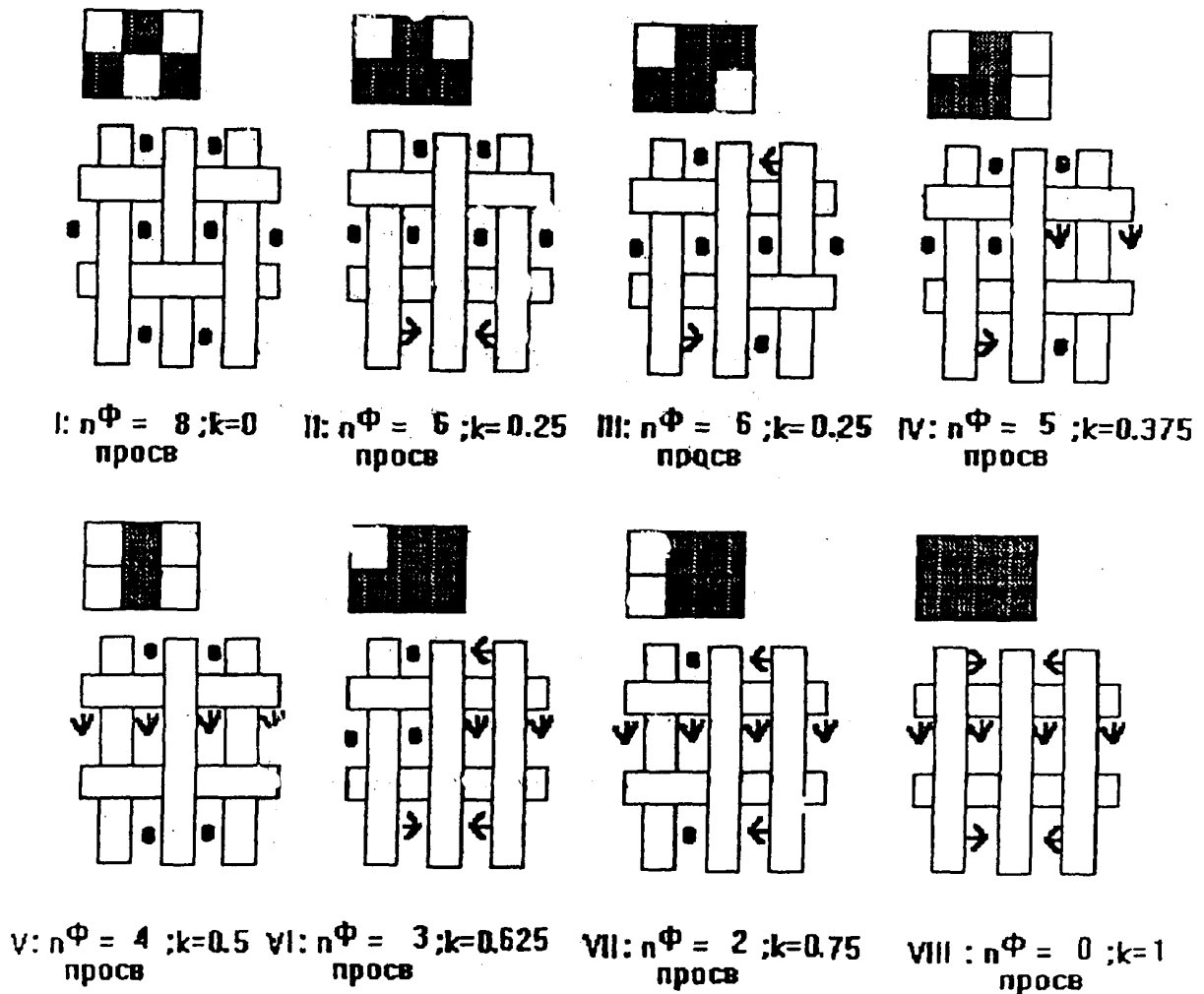


Рис.16 Шаблоны-варианты расположения полей просвета.

Закрывающиеся поля просвета показаны стрелкой, открытые – точкой

Теперь рассчитаем общее фактическое количество полей просвета в раппорте рассматриваемого переплетения следующим образом. Для каждого пересечения основы и утка проверим, какому шаблону соответствует расположение нитей около него (при повороте шаблона по основе и утку и с учетом возможного преобразования симметрии шаблона). Пусть N_n будет количество вхождений каждого шаблона в раппорте. Тогда из (3.2-3.4) получим

$$C = 1 - \frac{\sum_n N_n K_n \cdot N_{своп}}{R_0 R_y}$$

Для полотняного переплетения все шаблоны будут типа I и $C=1$; для отсутствия переплетения все шаблоны будут типа VIII и $C=0$. Значения C для некоторых переплетений показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Коэффициенты уплотненности переплетений

Переплетение	C
Полотно	1.0
Саржа 2/1	0.750
Саржа 2/2	0.625
Саржа 2/3	0.417
Сатин 5/2	0.417
Рогожка 2/2	0.370

На рис. 17 показан характер зависимости параметров ткани от ее связности, выраженной коэффициентом уплотненности. Эти зависимости справедливы "при прочих равных условиях", т.е. при сохранении, сырьевого состава и плотности ткани.

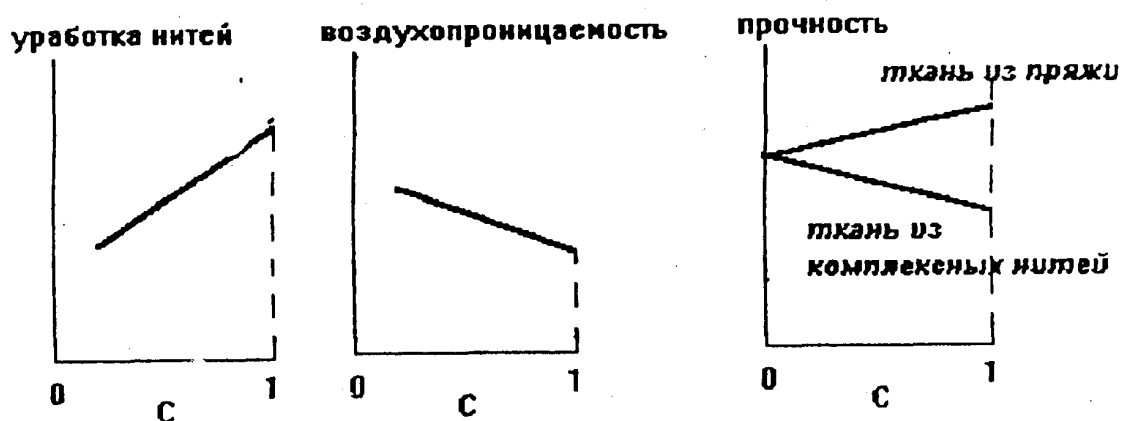


Рис. 17 Зависимость параметров ткани от ее связности

Самостоятельная работа

1. Изучить принципы описания свойств нитей, описание переплетений.
2. Разработать алгоритмы для описания характеристик нитей и исследуемых переплетений.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Составление общей схемы оптимальных процессов изготовления изделий на примере изготовления женского платья

Цель работы: ознакомиться с понятием «оптимизация технологического процесса», методами оптимизации и составлением математического описания процесса.

Содержание работы

В задаче оптимизации технологического процесса можно выделить следующие этапы:

1. Общий анализ задачи оптимизации.
2. Определение критерия оптимальности.
3. Выбор управляемых переменных
4. Учет и анализ ограничений на переменные процесса.
5. Составление математического описания процесса.
6. Выбор метода оптимизации.

Методические указания

1. Изучить этапы процесса оптимизации.
2. Изучить требования, предъявляемые к критерию оптимальности.
3. Ознакомиться с методами выбора критерия оптимальности процесса.
4. Рассчитать коэффициенты корреляции между изучаемыми характеристиками.
5. Ознакомиться с методами определения наиболее важных характеристик изучаемого процесса.

Рассмотрим подробнее содержание каждого этапа.

Этап 1. Предполагает проведение предварительного общего анализа оптимальной задачи: анализ возможных технологических схем процесса, вы-

яснение типа задачи оптимизации (статическая, квазистатическая, динамическая) и т. п.

Применительно к рассматриваемому процессу термообработки может быть поставлено несколько различных задач оптимизации, преследующих различные цели. В этом разделе рассмотрим вопросы оптимизации, приводящие к определению статистических режимов технологического процесса с точки зрения получения лучшей совокупности свойств обрабатываемого материала.

Этап 2. Является чрезвычайно важным, так как выбор критерия оптимальности влияет на цель, которой добиваются при оптимизации системы, и в значительной степени на результаты решения оптимальной задачи. Неправильный выбор критерия оптимальности может привести к грубым просчетам. При определении критерия оптимальности нужно учитывать место и связи данного производства с производствами-поставщиками или потребителями. Существенным вопросом, возникающим на этом этапе, является возможность введения частичных критериев оптимальности для отдельных стадий процесса, подсистем, их связи с общим критерием. Здесь же следу упомянуть, что критерий оптимальности часто называют функцией цели, целевой функцией, функцией отклика, параметром оптимизации, показателем качества и т. д.

Основные общие требования, предъявляемые к критерию оптимальности следующие.

1. Критерий оптимальности R должен быть количественным, т. е. задаваться числом. Его надо измерять или вычислять при любой возможной комбинации выбранных уровней управляемых переменных. Множеств значений, которые может принимать критерий оптимальности, будем называть областью его определения. Области определения могут быть непрерывными и дискретными, ограниченными и неограниченными. Например, производительность процесса — критерий с непрерывной областью определения, число

бракованных рулонов материала — критерий с дискретной областью определения, ограниченной снизу.

Если нет способа количественного измерения критерия оптимальности используют прием, называемый ранжированием. При этом различным уровням критерия оптимальности присваиваются условные субъективные оценки — ранги — по заранее выбранной шкале: двухбалльной, пятибалльной и т. д. Полученный числовой критерий называется ранговым. Ранговый критерий имеет дискретную ограниченную область определения. В простейшем случае область определения содержит два значения (да, нет; плохо, хорошо), что может соответствовать, например, годной продукции и браку.

Ранг — это количественная оценка критерия оптимальности, но она носит условный (субъективный) характер. В соответствие качественному признаку ставится некоторое число — ранг. В общем случае ранговый подход менее чувствителен, чем физическое измерение критерия, и с его помощью трудно изучать тонкие эффекты. Как определять ранги? На этот вопрос дает ответ квалиметрия.

2. Критерий оптимальности должен выражаться одним числом. Чаще всего это требование легко удовлетворяется. О некоторых специальных случаях выражения критерия одним числом упомянем позже.

3. Следующим требованием является однозначность в статистическом смысле, т. е. заданному выбору значений управляемых переменных должно соответствовать одно с точностью до ошибки эксперимента (или вычисления) значение критерия оптимальности (однако обратное неверно: одному тому же значению критерия могут соответствовать разные наборы значений переменных).

4. Критерий оптимальности должен быть эффективным, т. е. действительно оценивать эффективность функционирования системы в заранее выбранном смысле. Данное требование определяет корректность постановки задачи. Представление об эффективности не остается постоянным в ходе исследования, оно меняется по мере накопления информации и в зависимости

от достигнутых результатов. Это приводит к последовательному подходу при выборе критерия оптимальности. Так, например, на первых стадиях исследования технологических процессов в качестве критерия оптимальности необходимо выбрать критерий, характеризующий качество обработанного материала. В дальнейшем, когда возможность улучшения качества исчерпана, могут быть поставлены задачи оптимизации, ставящие критерием производительность установки, затраты энергии на проведение процесса и т. п.

5. Критерий оптимальности должен иметь по возможности ясный физический смысл.

Далее рассмотрим содержание следующих этапов, а затем процесса термообработки текстильных материалов технического назначения.

Этап 3. Выбор управляющих переменных — это основные технологические режимы обработки материала.

Этап 4. Во всех реальных задачах оптимизации, как правило, на независимые управляющие переменные накладываются ограничения, обусловленные физической сущностью процесса, его аппаратным оформлением, организацией процесса, технологическими требованиями. Для рассматриваемого класса задач оптимизации ограничения могут быть автономными, т. е. накладываемыми на каждую переменную в виде ее предельных значений

$$X_{i \min} \leq X_i \leq X_{i \max}, i = \overline{1, n}$$

Таким образом, ограничиваются предельные значения температур исходя из опасности оплавления полимера и его деструкции, времени обработки исходя из требуемой производительности и возможности установки, интенсивности подвода тепла исходя из конструктивных и энергетических соображений и т. д.

Ограничения могут быть также в виде конечных алгебраических соотношений типа равенств (называемых часто связями или условиями) и неравенств:

$$f_j(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0, j = 1, m_1; (1)$$

$$\varphi_j(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0, j = 1, m_2. (2)$$

Соотношения (1), (2) появляются из ограничений на отдельные свойства изделия, чтобы они не изменялись или не ухудшались ниже заданного предела. Структура выражений (1), (2) определяется структурой математической модели, отражающей влияния параметров процесса на данные свойства. При использовании методов регрессионного анализа данные соотношения представляют собой алгебраические полиномы.

Правильный учет всех ограничений очень важен, поскольку, как показывает опыт решения задач оптимизации, оптимальное решение часто оказывается на ограничениях. С другой стороны, важно при помощи проведенного анализа постараться исключить все ограничения (типа неравенств) которые заведомо не будут достигаться в оптимальном режиме, что упростит решение задачи оптимизации.

Все указанные ограничения на переменные X_1, X_2, \dots, X_n определяют допустимую область их изменения, т. е. множество значений, которые они могут принимать. Обозначим это допустимое множество значений D . Введём для краткости записи n -мерный вектор независимых переменных X , проекции которого суть имеющиеся переменные X_1, X_2, \dots, X_n т.е. $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Тогда $X \in D$, это обозначение ограничений будем использовать в дальнейшем в общих выкладках.

Этап 5. Методы и примеры составления математического описания, отражающего влияния основных режимов процесса на свойства текстильных изделий, рассмотрены в предыдущих разделах данной главы. Однако необходимо отметить некоторые особенности моделей, применяемых для оптимизации. Вид математической модели во многих случаях способствует облегчению нахождения оптимальных режимов. Необходимо стремиться к достижению следующих достоинств модели: примерно равная чувствительность кри-

метрия по всем переменным, по возможности меньшее взаимодействие параметров.

Примерно равная чувствительность критерия по переменным исключает овражность критерия, что улучшает сходимость итерационных методов решения систем уравнений, получаемых из условий оптимальности. Отметим, что значительно более равномерной чувствительностью обладает уравнение регрессии в нормированных переменных, так как в нем все факторы меняются в пределах ± 1 , в то время как размерные переменные меняются существенно в разных относительных диапазонах (например, температура может меняться в пределах $\pm 20 \dots 25\%$, а натяжение $\pm 50\%$ от номинального режима). Конечно, это не определяет овражность, но, как показывает анализ большинства моделей, во многом способствует ее увеличению. Поэтому для поиска оптимума лучше использовать уравнение с нормированными переменными. Если и в нем имеется резко отличающаяся чувствительность параметров, то можно промасштабировать отдельные переменные примерно сблизив чувствительность.

Наличие взаимодействия отдельных переменных, выражаемое присутствием парных произведений переменных в уравнении, обуславливает положение главных осей поверхности второго порядка под некоторым углом к координатным осям, что резко снижает эффективность многих методов оптимизации (метод наискорейшего спуска, Гаусса — Зайделя и др.). В некоторых случаях целесообразно провести специальные преобразования (ввести новые комбинированные переменные, повернуть ось координат), который уменьшили бы (или полностью ликвидировали) эффекты взаимодействия. Этого можно достичь, в частности, переводом уравнения $R(X)$ второго порядка в каноническую форму.

Этап 6. После завершения работ по предыдущим этапам задача оптимизации приобретает строгий формализованный вид, который в общем случае записывается следующим образом: $R(X) \rightarrow \text{extr} / X \in D$

Часто рассматривают задачи только на максимум или на минимум критерия R , так как перейти от одного к другому всегда не сложно.

Вид функциональной зависимости критерия от вектора независимых переменных $R(X)$ и вид допустимой области D определяются уравнениями второго порядка. Если решается задача оптимизации, когда $R(X)$ и область D задаются линейными соотношениями (при наличии автономных ограничений), то целесообразно использовать методы линейного программирования, если же они задаются нелинейными соотношениями (хотя бы что-то одно: $R(X)$ или D), то необходимо применять методы нелинейного программирования. Эти направления являются частными случаями математического программирования, занимающегося поиском экстремума функций при наличии ограничений (в отличие от классического математического анализа, где ограничения не учитываются). Существует довольно большое число различных методов. Задача исследователя при оптимизации конкретного технологического процесса заключается в правильной постановке задачи, формализации и выборе необходимого метода ее решения. Ниже рассмотрим некоторые из методов нелинейного программирования, удобные для оптимизации рассматриваемого процесса.

2. Выбор критерия оптимальности процесса

Как уже указывалось, критерий оптимальности при оптимизации конкретного технологического процесса может быть различным, он определяет цель оптимизации. Настоящий раздел посвящен выбору оптимальных режимов обработки текстильного материала с целью получения наивысшего качества того конечного изделия, в котором используется обработанный материал. Очевидно, что для получения высокого качества конечного изделия необходим определенный комплекс свойств текстильного материала технического назначения. Таким образом, целью оптимизации процесса термообработки является получение оптимальной, т. е. наилучшей совокупности свойств текстильного материала с учетом конкретной области его применения.

Любой текстильный материал технического назначения характеризуется, как правило, не одним, а несколькими различными свойствами. Причем режимы процесса влияют на эти свойства по-разному: одни ухудшаются, другие улучшаются. Поэтому при оптимизации необходимо решать компромиссную задачу улучшения одних характеристик материала при допустимом ухудшении других или при обеспечении их в заданных пределах.

Все эти положения обычно приводят к двум путям оценки оптимальности того или иного процесса по качеству материала.

Первый путь заключается в определении какого-то одного, наиболее важного для конкретной области использования, свойства, которое формирует критерий оптимальности (выражаемый в этом случае одним числом, что соответствует требованиям, предъявляемым к критериям), а на значения остальных свойств накладывают ограничения, которые приводят к соотношениям типа (1) и (2). Соотношения типа равенств (2) возникают при необходимости обеспечения каких-то свойств на заданном уровне, а соотношения типа неравенств — при требовании к каким-либо свойствам находиться в определенных пределах.

Второй путь заключается в решении многоэкстремальной задачи, когда несколько свойств формируют свои частные критерии. В то же время могут быть и ограничения отмеченных выше типов. Этот путь значительно сложнее и рассмотрен подробно ниже.

В обоих случаях указывается, что свойства формируют свои критерии. Под этим понимается следующее. Когда требуется достичь минимума или максимума какого-либо свойства E_i , это свойство можно принять в качестве критерия $R_i = E_i$. Если требуется приблизить какое-либо свойство к своему «идеальному» значению, причем отклонения в большую или меньшую сторону одинаково нежелательны, это свойство E_i может сформировать критерий типа $R_i = |E_i - E_{iopt}|$ или $R_i = (E_i - E_{iopt})^2$. Такие критерии нужно минимизировать.

Приведем примеры выбора критериев оптимальности свойств для некоторых текстильных материалов, используемых во многих отраслях промышленности. Армирующим каркасом шкивных клиновых ремней являются ткани различных структур. Конструкция их такова, что они располагаются в нейтральном слое ремня, что обеспечивает очень малые деформации текстильного каркаса. При выходе ткани из нейтрального слоя вверх или вниз он испытывает дополнительные растягивающие усилия, причем циклические, что приводит к изнашиванию, истиранию ремня, проскальзыванию, уменьшению передаваемой мощности и как следствие всех этих причин - преждевременному выходу ремня из строя. Одна из основных причин выхода ткани из нейтрального слоя — тепловая усадка ремня. В связи с этим основным свойством, которое можно принять за критерий и минимизировать, может являться тепловая усадка. Однако изнашивание ремня, хотя во многом и определяется смещением каркаса из нейтрального слоя, но зависит также от промежуточных и разрывного удлинений, косвенно определяющих эластичность, жесткость и т. п., и от прочности, которая важна, даже если рабочие усилия не достигают предельных значений, так как от прочности зависят усталостные свойства. Поэтому на указанные свойства необходимо наложить ограничения, чтобы их значения не выходили за допустимые пределы.

Условия эксплуатации армирующего каркаса иные, чем у ткани в ремне; он испытывает при движении транспортного средства многократные деформации растяжения — сжатия. Повышению срока службы ремня также способствует уменьшение изнашивания, которое определяется его деформационными характеристиками. Поэтому в качестве основных свойств выбирают одно из промежуточных удлинений, причем для него не требуется минимизации, (она приведет к излишней жесткости ремня) или максимизации (что приведет к изнашиванию ремня), а требуется приближение к некоторому идеалу. В связи с этим за критерий можно принять меру близости рассматриваемого свойства к идеалу при ограничениях, устанавливаемых для остальных характеристик.

Многие изделия имеют достаточно большое число различных характеристик. Учет всех в обоих способах выбора критерия оптимальности представляет определенные трудности: значительное число ограничений всегда усложняет решение задачи, большое число частных критериев вызывает свои проблемы и в решении многокритериальной задачи оптимизации. Поэтому предварительно необходимо сократить число рассматриваемых характеристик материала, для чего следует воспользоваться корреляционным анализом либо специальными методами

В первом случае вычисляют коэффициент корреляции по какой-то достаточно большой совокупности свойств текстильного материала между всеми парами рассматриваемых свойств. В любой паре, где коэффициент корреляции оказывается статистически значимым, можно исключить из рассмотрения один показатель и оставить второй. При этом, зная оставшийся, всегда можно вычислить и значение отброшенного, так как между ними существует тесная линейная связь.

Для проверки гипотезы об отсутствии корреляции необходимо проверять, значимо ли отличается r от нуля. С вероятностью 0,95 можно утверждать, что зависимость между свойствами отсутствует, если

$$|r| = 1.96(1 - r^2) / \sqrt{N} \leq 0 \quad (3)$$

При небольшом числе экспериментов и сравнительно высокой корреляции распределение коэффициента корреляции существенно отличается от нормального, поэтому формулой (3) пользоваться нельзя. Для оценки значимости коэффициента корреляции необходимо воспользоваться преобразованием Фишера

$$r = thz = (e^{rz} - 1) / (e^{rz} + 1), \quad (4)$$

откуда

$$z = (1/2) \ln[(1+r)/(1-r)]. \quad (5)$$

Распределение z является почти неизменным по форме при изменяющихся r и N и с возрастанием N быстро приближается к нормальному.

Тогда с доверительной вероятностью 0,95 можно утверждать, что z значим если $z - 1.96/\sqrt{N - 3} \geq 0$.

Определив, таким образом, z , подставим его в формулу (5) и найдем критическое значение для r .

Следует помнить, что высокий коэффициент корреляции между остальными свойствами не всегда может характеризовать связь между ними. Иногда имеются другие неучтенные параметры, которые могут проявляться не всегда, влияющие и на первое, и на второе свойство, благодаря чему и можно наблюдать высокую тесноту связи. Поэтому при отбрасывании некоторых свойств с использованием корреляционного анализа нельзя забывать и физическую сущность явлений и связей.

Ниже дан пример использования корреляционного анализа с целью сокращения числа рассматриваемых свойств для ткани. При исследовании влияния термообработки на ее свойства первоначально были приняты 11 свойств: E_1 - тепловая усадка по основе, E_2 — тепловая усадка по утку, E_3 — тепловая усадка по площади, E_4 — прочность по основе, E_5 — прочность по утку, E_6, E_8, E_{10} —удлинения по основе соответственно при разрыве, при нагрузках 50 и 20% от разрывной, E_7, E_9, E_{11} — то же по утку.

В табл. 1 приведены рассчитанные коэффициенты корреляции между всеми парами свойств по экспериментам. Корреляция значима, если коэффициент корреляции $r \geq r_{kp} = 0.44$ [r_{kp} вычисляли с учетом преобразования Фишера по формулам (5), (4); при расчете непосредственно по формуле (3) получается заниженное значение, равное 0,365]. Анализируя данные таблицы, легко выделить высокую тесноту связи всех удлинений между собой соответственно по основе и утку, характеристик внутренних напряжений в полимере (усилий усадок, изменения температуры максимума усилия усадки) и некоторых других свойств. После анализа результатов и физической природы связей для дальнейших исследований были оставлены свойства $E_1, E_2, E_4, E_5, E_6, E_7$ (несмотря на высокий коэффициент корреляции между E_3 и E_4).

Сокращения числа рассматриваемых свойств можно также достичь лингвистическим подходом, который опирается на модель, являющуюся развитием и комбинацией моделей факторного анализа и автоматической классификации. Такая модель исходит из следующих представлений: изменение какого-либо фактора сказывается неодинаково на всех измеряемых показателях, поэтому среди них могут быть выделены группы, особо остро реагирующие на каждый из факторов порознь, а каждая из этих групп характеризуется тем, что параметры, входящие в одну группу, в определенном смысле сильно коррелируют между собой.

Процедура подбора предпочтительных характеристик на базе лингвистического подхода включает два основных этапа: разбивка показателей на плотные группы, выбор из каждой группы наиболее представительных характеристик (признаков).

В настоящее время разработано большое число методов, позволяющих выделять в поле матрицы группы сходных признаков: метод корреляционных плеяд, построение дендритов, различные модификации метода фенограммы и методы автоматической классификации.

Коэффициенты корреляции $r_{kp} \geq 0.4$

Таблица 1

Показатель	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	$\sum_1 r_1$
E ₁	1,000											--
E ₂		1,000										--
E ₃	0,567	0,828	1,000									1,395
E ₄		-0,484		1,000								0,484
E ₅		0,414	0,557		1,000							0,971
E ₆						1,000						--
E ₇				0,574			1,000					0,574

E_8		1,000		
E_9	0,576		1,000	0,576
E_{10}			1,000	
E_{11}	0,575		1,000	0,575

Примечание. При $r_{kp} \geq 0.5$ исчезают связи между свойствами 2 - 4 и 2 - 5 (на рис 18 эти связи показаны штриховой линией).

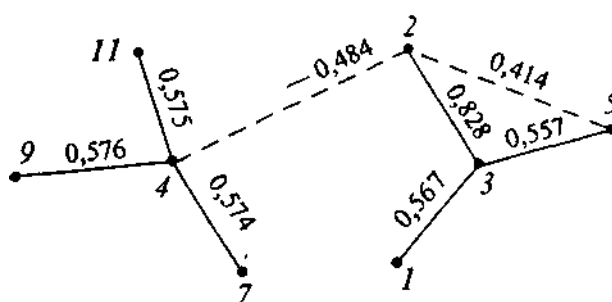


Рис.18 Две корреляционные группы показатели качества при $r_{kp} \geq 0.5$

В основе всех алгоритмов разбивки на плотные группы лежит анализ матрицы, $R(r_{ij}), i, j = \overline{1, k}$, элементы которой определяют меру близости(тесноту связи) i -го признака к j -му. Чаще всего в качестве меры близости используют коэффициент корреляции.

Рассмотрим основные идеи двух основных эвристических методов, позволяющих использовать априорные сведения о природе исследуемых свойств: корреляционных плеяд и β - коэффициентов.

Метод корреляционных плеяд предназначен для нахождения таких групп признаков — плеяд, при которых корреляционная связь, т. е. сумма модулей коэффициентов корреляции, между показателями одной группы (внутриплеядная связь) достаточно велика, а связь между показателями из разных групп (межплеядная) мала.

По определенному правилу на основе корреляционной матрицы признаков образуется чертеж-граф, который затем с помощью различных приемов разбивается на подграфы. Элементы, соответствующие каждому из подграфов, и образуют плеяду.

Рассмотрим корреляционную матрицу $R = (r_{ij})$ исходных свойств. Начертим k кружков, внутри каждого напишем номер одного из свойств. Каждый кружок соединим линиями со всеми остальными кружками; над линией, соединяющей i -е и j -е свойства (ребром графа), поставим значение модуля коэффициента корреляции. Полученный таким образом чертеж рассматривается как исходный граф.

Задавшись (произвольным образом или на основании предварительного изучения корреляционной матрицы) некоторым пороговым значением коэффициента корреляции r_0 , исключаем из графа все ребра, которые соответствуют коэффициентам корреляции по модулю, меньшим r_0 . Затем задаем некоторые $r_1 > r_0$ и повторяем описанную процедуру до тех пор, пока граф не распадется на несколько независимых подграфов, т. е. таких групп, при которых связи (ребра графа) между кружками различных групп отсутствуют.

Кроме рассмотренного алгоритма, имеются и другие варианты корреляционных плеяд, например, упорядочивание свойств по принципу максимального корреляционного пути и т. д.

Разбивка на плеяды, полученная различными способами, может не совпадать. Тем не менее, метод пользуется большой популярностью ввиду простоты и наглядности принимаемых решений. Метод β - коэффициентов заключается в следующем. Определяется β - коэффициент как отношение среднего коэффициента корреляции между параметрами данной группы к среднему коэффициенту корреляции параметров той группы с остальными параметрами; для удобства это соотношение умножается на 100, т. е.

$\beta(\gamma) = 100(S/n_s)(T/n_T)$, где γ - текущее число параметров в группе; S и

T — суммы модулей коэффициентов корреляции соответственно между параметрами выделенной группы и параметрами этой группы с остальными; n_s и n_T — число членов в суммах S и T соответственно.

β -коэффициенты применяются для группировки свойств в зависимости от их взаимных коэффициентов корреляции. Сначала выделяют два параметра, коэффициенты корреляции которых с предыдущими максимальны. К формирующейся группе каждый раз добавляют по одному параметру, максимально связанному с предыдущими, и вычисляют β . В этом случае последний присоединенный параметр убирают из группы и делают попытку присоединить другой параметр; если при этом ρ остается низким, присоединение аннулируется. Таким образом, определяют первую группу свойств. Далее, исключив свойства первой группы, находят среди оставшихся два наиболее связанных, дающих начало следующей группе и т. д.

Описанный процесс продолжают до тех пор, пока все свойства не окажутся распределенными по группам.

Метод β -коэффициентов является в значительной степени эвристическим, поскольку лишь знание природы исследуемых свойств позволяет судить о том, относится ли конкретное изменение к резким или нерезким.

После решения задачи группировки исходных свойств исходная матрица R оказывается разбитой на ряд подматриц, каждая из которых содержит лишь столбики, попавшие в одну группу.

Конкретный выбор предпочтительных свойств из группы лидирующих производят с учетом дополнительных требований, которые к ним предъявляются: точность и трудоемкость определения, а иногда и соображения неформального характера.

Рассмотрим примеры использования указанных методов. При анализе характеристик полиамидного волокна линейной плотности 40 текс согласно ТУ 6-06-С24 — 77 были использованы показатели, учитывающие требования потребителей: E_1 , — фактическая линейная плотность, текс; E_2 — разрывная

нагрузка, мН; E_3 — удлинение нити при разрыве, %; E_4 — относительная разрывная нагрузка, мН/текс; E_5 — разрывная нагрузка в мокром состоянии, мН; E_6 — удлинение при разрыве в мокром состоянии, %; E_7 - относительная разрывная нагрузка в мокром состоянии, мН/текс; E_8 — количество извитков на 1 см; E_9 — степень извитости, %; E_{10} — устойчивость извитости, %; E_{11} — усадка, %.

Таблица 2

Матрица значимых коэффициентов парной корреляции между показателями качества полиамидного волокна линейной плотности 40 текс

Показатель	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	$\sum_j r_1$
E_1	1	--	--	0,37	--	0,21	0,46	--	--	0,20	--	1,24
E_2		1	--	0,85	0,45	--	--	--	--	--	0,40	1,70
E_3			1	--	0,30	0,84	0,21	--	0,26	--	0,28	1,89
E_4				1	0,45	--	0,57	--	--	--	0,38	2,62
E_5					1	--	0,90	--	--	--	0,47	2,57
E_6						1	--	--	0,36	0,22	--	1,84
E_7							1	--	--	--	0,46	2,94
E_8								1	0,83	0,54	0,33	1,70
E_9									1	0,64	--	2,09
E_{10}										1	--	1,60
E_{11}											1	2,32

В табл. 2 приведена матрица значимых коэффициентов парной корреляции, рассчитанных по массиву данных из 102 партий волокна.

Показатели объединяли в плотные группы, β - коэффициенты для выделенных групп приведены в табл. 3.

Отношение $\beta(\gamma)/100$ показывает, во сколько раз средняя взаимосвязи между параметрами рассматриваемой группы сильнее средней взаимосвязи этих параметров с остальными показателями. Из таблицы видно, что для всех групп $\beta(\gamma)/100$ существенно больше единицы, следовательно, группировка выполнена успешно.

Надежность разбивки проверяем по методу корреляционных плеяд. Результаты корреляционного анализа представлены в виде графа. Вершины графа, обозначенные цифрами, соответствуют характеристикам волокна (индексам показателей); каждому ребру графа соответствует норма в виде коэффициента парной корреляции (рис. 19). Нетрудно видеть, что при коэффициенте корреляции $r = 0,36$ (при исключении всех ребер графа, соответствующих $r \leq 0,36$) исходный граф распался на три независимых подграфа (плеяды).

Таблица 3

β - коэффициенты группировок		
Номер группы	Состав группы	β - коэффициент
1	8-9-10	1093,9
2	2-4-5-7-11-1	713,45
3	3-6	821,7

Проводим ранжирование вершин подграфов по степени убывания представительности суммированием модулей коэффициентов корреляции между каждой вершиной подграфа и остальными, связанными с ней — вычислением интегрированных сил I .

В подграфе 8 — 9 — 10 наиболее предпочтительный показатель $E: I = 0,83 + 0,64 = 1,47$.

В подграфе 2 — 4 — 5 — 7 — 11 — 1 самый представительный параметр $E: I = 2,62$.

Для подграфа 3 — 6, куда входят лишь два показателя, интегрированные силы находим из полной корреляционной матрицы (см. табл. 2). Здесь доминирующий показатель $E_3: I_3 = 1,89$.

Из полученных результатов видно, что для оценки уровня качества полиамидного волокна линейной плотности 40 текс целесообразно принять следующие показатели: относительную разрывную нагрузку и удлинение в сухом состоянии E_3 и E_4 , а также степень извитости E_9 .

Аналогичное исследование по установлению предпочтительных показателей было проведено для полиамидной нити 187 текс х 2. Анализ подверглись следующие показатели: E_1 — толщина нити, мм; E_2 — разрывная нагрузка при температуре 20°C , Н; E_3 — коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %; E_4 — удлинение при разрывной нагрузке 2 даН и температуре 20°C , %; E_5 — удлинение при разрывной нагрузке 4 даН и температуре 20°C , %; E_6 — удлинение при разрыве и температуре 20°C , %; E_7 — коэффициент вариации по удлинению, %; E_8 — разрывная нагрузка при температуре 80°C , Н; E_9 — удлинение при температуре 80°C и разрывной нагрузке 2 даН, %; E_{10} — удлинение при температуре 80°C и разрывной нагрузке 4 даН, %; E_{11} — разрывное удлинение при температуре 80°C , %; E_{12} и E_{13} — соответственно количество кручений первой и второй крутки; E_{14} — устойчивость нити к тепловому старению.

Была рассчитана корреляционная матрица (14 х 14) между показателями качества нити.

Методом β -коэффициентов удалось выделить только одну плотную группу: $E_9 — E_{10} — E_5 — E_4 — E_6 — E_{11} — E_2 — E_8$. Для нее $\beta / 100 = 21,94$. Определенную взаимосвязь между удлинениями и разрывной нагрузкой в нити можно объяснить большой величиной кратности вытяжки (в сильно ориентированном волокне уменьшение удлинения и увеличение прочности могут обнаруживать между собой некоторую зависимость).

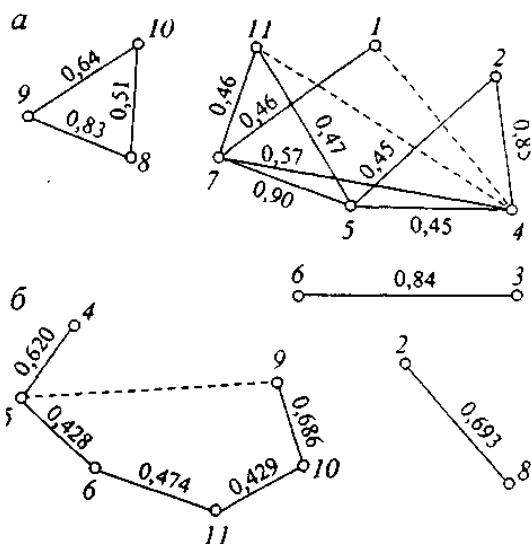


Рис. 19 Корреляционные плеяды показателей качества

Анализ выделенной группировки также проводим с применением теории графов. Ввиду большого числа параметров в группе она была разбита по алгоритму корреляционных плеяд (см. рис. 2) на два независимых подграфа (последовательным исключением из исходного графа ребер, соответствующих наименьшим значениям коэффициентов парной корреляции).

Для подграфа интегрированные силы определяем по всей корреляционной матрице: $I_2 = 2,476$, $I_8 = 2,050$.

В подграфе 4 — 5 — 6 — 11 — 10 — 9 наиболее сильно связанный показатель E_5 : $I_5 = 1,37$. Однако, с точки зрения потребителей, гораздо важнее показатель E_6 (удлинение нити при разрыве при температуре 20°C).

С учетом изложенного выше отметим, что из группы показателей 4 — 5 — 6 — 11 — 10 — 9 — 2 — 8 наиболее предпочтительными являются: E_2 — разрывная нагрузка при температуре 20°C, Н; E_6 — удлинение при разрыве и температуре 20°C, %.

Таким образом, специальные приемы снижения числа рассматриваемых свойств текстильных изделий позволяют снизить количество частных критериев качества текстильных изделий. Однако в большинстве случаев остается несколько свойств, что требует специальных приемов решения задачи оптимизации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Запись и обработка информации в базах данных. Статистическая обработка данных для регрессии факторного эксперимента

Цель работы: Освоить математические методы планирования полного факторного эксперимента (ПФЭ); научиться определять математические модели I и II порядков при исследовании качества изделий.

Содержание работы:

1. Планирование полного факторного эксперимента и обработка результатов.
2. Определение линейной модели ПФЭ.
3. Проверка адекватности уравнения I порядка.
4. Планирование многофакторного эксперимента II порядка.
5. Определение уравнения регрессии II порядка.
6. Проверка адекватности уравнения II порядка.
7. Анализ результатов работы, формулировка выводов.

Общие сведения

Качество трикотажных изделия зависит от целого ряда факторов (свойства используемых материалов, швейных ниток, качество соединений и др.). Поэтому при исследовании качества изделий решают многофакторную задачу, в которой изучаемое свойство объекта (y) зависит от нескольких факторов (x_1, x_2, x_3, x_4 и т.д.). С этой целью проводится полный факторный эксперимент (ПЭФ), в котором реализуются всевозможные комбинации рассматриваемых уравнений факторов, а результаты оцениваются с помощью статистического анализа.

Приведение ПЭФ связано с построением линейных моделей вида:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_1^k b_{ix} + \sum_1^k b_{ix} y_i, (1)$$

где \hat{y} - значение критерия; b_i - линейные коэффициенты; b_{ij} - коэффициенты двойного взаимодействия факторов.

Многофакторный эксперимент представляет собой сложную задачу, поэтому очень часто линейная математическая модель (уравнение (1)) является неадекватной реальному процессу.

В данном случае переходят к планированию второго и более высоких порядков (1). Уравнение регрессии при этом представляет полином второй или более высокой степени. Так, при планировании второго порядка, изучаемый процесс описывается уравнением второго порядка, общий вид которого представлен ниже:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_1^k b_{ix} + \sum_1^k b_{ix} y_i + \sum_1^k b_{iix} x_i^2 (2)$$

Порядок статистической обработки результатов эксперимента при многофакторном планировании соответствует последовательности обработки при однофакторном планировании (1,2).

Методические указания к I части лабораторной работы

В I части лабораторной работы студенты осваивают практические методы обработки результатов полного факторного эксперимента с целью получения многофакторной линейной модели.

Каждая группа студентов (2-3 человека) получает индивидуальное задание, содержащее первичные результаты проведения многофакторного эксперимента, факторы и уровни их варьирования (задание 1).

По результатам экспериментальных данных, содержащихся в задании 1, студенты достраивают рабочую матрицу эксперимента и приступают к статистическому анализу.

I. Определение коэффициентов уравнения регрессии.

1. Свободный член уравнения регрессии студенты определяют по формуле:

$$b_0 = \frac{\sum_1^N \bar{y}_u}{N}, \quad (3)$$

где N - число опытов; \bar{y}_u - средний результат в каждом опыте.

2. Линейные коэффициенты определяют по формуле:

$$b_i = \frac{\sum_1^N x_{iu} \bar{y}_u}{N}, \quad (4)$$

где x_{iu} - кодированное значение i -го фактора в каждом отдельном опыте.

3. Коэффициенты парного взаимодействия:

$$b_{ij} = \frac{\sum_1^N x_{iuxj} \bar{y}_u}{N}, \quad (5)$$

II. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

1. Определение дисперсии результатов эксперимента:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y_{uj} - \bar{y}_u)^2}{N(n-1)}, \quad (6)$$

где $\sum_1^N \sum_1^n (y_{uj} - \bar{y}_u)^2$ сумма среднеквадратических отклонений результатов

эксперимента от среднего значения в каждом опыте (указывается в задании); повторность опытов (указывается в задании).

2. Определяют дисперсию (ошибку) коэффициентов уравнения регрессии по формуле:

$$S_{\{b_i\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{Nn}, \quad (7)$$

3. Определение доверительного интервала для коэффициентов уравнения:

$$\Delta bi = \pm t_T \cdot S_{\{bi\}}, (8)$$

где t_T табличное значение критерия Стьюдента для определённого числа N.

После определения доверительного интервала студенты сравнивают его величину с коэффициентом регрессии. Если величина доверительного интервала Δbi больше (по модулю) величины коэффициента, следовательно данный коэффициент уравнения незначим и исключается из уравнения регрессии.

III. Составление уравнения регрессии.

После оценки значимости коэффициентов студенты составляют уравнение регрессии в виде:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{ij}x_ix_j (9)$$

IV. Проверка адекватности уравнения регрессии.

Адекватность полученного уравнения регрессии (9) студенты определяют с помощью критерия Фишера (2)

Для этого рассчитывают значения критерия по уравнению регрессии (9), подставляя вместо y_u кодированное значение каждого фактора в данном опыте.

После этого определяют квадраты отклонений между расчётными и экспериментальными значениями $(\overline{y_u} - \hat{y}_u)^2$

Для удобства расчётов результаты заносят в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Результат эксперимента \bar{y}_i	Расчётное значение \hat{y}_i	$(\bar{y}_i - \hat{y}_i)$	$(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2$
1				
2				
...				

После этого определяют дисперсию адекватности по формуле:

$$S_{\{ad\}}^2 = \frac{\sum_1^N n(\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{N - k - 1}, \quad (10)$$

где n- повторность опыта;

k- количество факторов.

Значение $S_{\{y\}}^2$ студенты определяют по формуле (6). Тогда расчётное значение критерия Фишера:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{y\}}^2}, \quad (11)$$

Определив расчётное значение критерия Фишера и сравнивая его с табличным F_T , определяют адекватность уравнения регрессии (9) изучаемому процессу. Если $F_p < F_T$, то гипотеза об адекватности не отвергается и уравнение регрессии соответствует реальному процессу (2), т.е. связь между критерием и факторами линейная.

После построения линейной многофакторной модели студенты переходят к планированию второго порядка, где устанавливается линейная независимость критерия от рассматриваемых факторов.

Методические указания ко II части лабораторной работы

Во второй части лабораторной работы студенты получают новые знания или продолжают работать с данными I части работы.

По результатам экспериментальных данных, содержащихся в задании II, студенты достраивают рабочую матрицу эксперимента и приступают к обработке результатов.

I. Определение коэффициентов уравнения регрессии.

1. Свободный член уравнения определяется по формуле:

$$b_0 = a_1 \sum_1^N y_u - a_2 \sum_1^k \sum_{1y}^N x_{iu}^2 y_u, \quad (12)$$

где y_u - среднее экспериментальное значение в каждом u -том опыте;

x_{iu} - кодированное значение уровня i -го фактора в u -том опыте; k - количество факторов; a_1, a_2 - числовые константы, берутся из таблицы 1.

Таблица 1

Число факторов (k)	Число опытов (N)	Коэффициенты						
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
2	13	0,200	0,100	0,125	0,250	0,125	0,0187	0,100
3	20	0,1663	0,0568	0,0732	0,1250	0,0625	0,0069	0,0568
4	31	0,1428	0,0357	0,0417	0,0625	0,0312	0,0037	0,0357
5	32	0,1591	0,0341	0,0417	0,0625	0,0312	0,0028	0,0341

2. Линейные коэффициенты определяются по формуле:

$$b_i = a_3 \sum_1^N x_{iu} y_u, \quad (13)$$

3. Коэффициенты парного взаимодействия:

$$b_{ij} = a_4 \sum_1^N x_{iu} x_{ju} y_u, \quad (14)$$

где x_{iu} , x_{ju} - кодированные значения уровней i -го и j -го факторов соответственно в u -том опыте.

4. Коэффициенты при квадратичных членах уравнения регрессии определяют:

$$b_{iij} = a_5 \sum_1^N x_{iu}^2 y_u + a_6 \sum_1^k \sum_1^N x_{iu}^2 y_u - a_7 \sum_1^N y_u \quad (15)$$

После вычисления коэффициентов уравнения регрессии переходят к оценке их значимости.

П. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

1. Определяют дисперсию воспроизводимости $S_{\{y\}}^2$ по формуле (дублирование опытов производится только в нулевой точке):

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{no}^N (y_{oj} - \bar{y}_o)^2}{n_0 - 1}, \quad (16)$$

где n_0 - число опытов в нулевой точке;

\bar{y}_o - средний результат в нулевой точке;

y_{oj} - каждый отдельный результат в нулевой точке.

2. Дисперсию (среднеквадратическую ошибку) в определении коэффициентов определяют по формуле:

для свободного члена -

$$S_{\{bo\}}^2 = \frac{2A\lambda(k+2)}{N} \cdot S_{\{y\}}^2, \quad (17)$$

для линейных коэффициентов-

$$S_{\{bi\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{N - n_0}, \quad (18)$$

для коэффициентов парного взаимодействия-

$$S_{\{bij\}}^2 = \frac{C^2}{N} S_{\{\bar{y}\}}^2 \quad (19)$$

для квадратичных коэффициентов-

$$S_{\{bii\}}^2 = \frac{AC^2[(k+1)\lambda - (k-1)]}{N} S_{\{\bar{y}\}}^2 \quad (20)$$

где N- общее число опытов;

k - число факторов в эксперименте.

Формулы для расчета постоянных C, A приведены ниже:

$$C = \frac{N}{N - n_0}; \quad A = \frac{1}{2\lambda[(k+2)\lambda - k]};$$

$$\lambda = \frac{(k+2)(k+1)}{2};$$

3. Определение доверительных интервалов для оценки значимости коэффициентов уравнения.

Доверительные интервалы для b_0 , b_i , b_{ij} и b_{ii} соответственно определяют по формулам 21-24:

$$\Delta b_0 = \pm 2S_{\{b_0\}}, \quad (21)$$

$$\Delta b_1 = \pm 2S_{\{b_i\}}, \quad (22)$$

$$\Delta b_{ij} = \pm 2S_{\{b_{ij}\}}, \quad (23)$$

$$\Delta b_{ii} = \pm 2S_{\{b_{ii}\}}, \quad (24)$$

Далее студенты проверяют значимость коэффициентов уравнения сравнивая соответствующий доверительный интервал с величиной коэффициента. Если $|b_i| > |\Delta b_i|$ в противном случае коэффициент исключают из уравнения.

III. Составление уравнения регрессии.

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{ij}x_ix_j + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + \dots + b_{ii}x_i^2 \quad (25)$$

IV. Проверка адекватности уравнения.

Также как и в первой лабораторной работы, адекватность уравнения проверяют по критерию Фишера:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{\bar{y}\}}^2} \quad (26)$$

где дисперсию адекватности определяют по формуле:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_1^N (\bar{y}_{uj} - \hat{y}_u)^2 - \sum_{no}^N (y_{oj} - \bar{y}_0)^2}{N - \lambda - (n_0 - 1)} \quad (27)$$

где \bar{y}_{uj} - среднее экспериментальное значение критерия в каждом опыте;

\hat{y}_u - расчётное значение критерия;

y_{oj} - значение критерия в каждой нулевой точке;

\bar{y}_0 - среднее значение критерия в нулевой точке.

Расчётное значение определяется из уравнения (25). Для удобства результаты заносят в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Результат эксперимента \bar{y}_{uj}	Расчётное значение \hat{y}_u	$(\bar{y}_{uj} - \hat{y}_u)$	$(\bar{y}_{uj} - \hat{y}_u)^2$
1				
2				

Если расчётное значение критерия Фишера меньше табличного, то гипотеза об адекватности не отвергается.

Анализ результатов работы. Формулировка выводов.

В выводах указывается вид полученных уравнений регрессии, отмечается их адекватность, анализируется вид связи между критерием (y) и факторами (x).

Требования к отчёту

1. Исходные данные для проведения ПЭФ и рототабельного планирования II порядка (задание 1, 2).
2. Расчет коэффициентов уравнения и оценка их значимости.
3. Уравнение регрессии I и II порядков.
4. Расчёт критерия Фишера и оценка адекватности уравнений.

Литература

1. А.Г. Севостьянов Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. -М: Лёгкая индустрия, 1980.
2. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. -М.: Лёгкая индустрия, 1980.

Самостоятельная работа

1. Рассматривалось влияние двух факторов (времени (x_1) и концентрации клеевого состава (x_2)) на прочность сварного соединения. В результате эксперимента ($N=4, n=2$) было найдено четыре значения критерия оптимизации в опытах (\bar{y}_u)

Вариант А

Вариант В

№ опыта	Матрица планирования			Результат эксперимента (y_u, H)	№ опыта	Матрица планирования			Результат эксперимента, (y_u, H)
	x_0	x_1	x_2			x_0	x_1	x_2	
1	+	-	-	81,08	1	+	-	-	84,95
2	+	+	-	85,65	2	+	+	-	89,95
3	+	-	+	82,27	3	+	-	+	85,25
4	+	+	+	90,40	4	+	+	+	88,25

Дисперсия воспроизводимости эксперимента составила:

$$S_{\{y\}}^2 = 4,9$$

2. Исследовать прочность сварного шва в зависимости от сварочного усилия и мощности. Определить математическую модель процесса и характер связи. Необходимые данные приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Фактор	Обозначения	Уровни варьирования				
		-1,412	-1	0	+1	+1,412
Сварочное усилие. Н	x_1	7	15	35	55	63
Мощность, Вт	x_2	260	300	400	500	600

Таблица 2

Матрица эксперимента

№ опыта	x_0	x_1	x_2	Средний результат, (y_u, H)
1	+	+	-	52
2	4	-	-	23
3	+	+	+	61
4	+	-	+	30,7
5	+	-1,412	0	60,7
6	+	+1,412	0	32
7	+	0	-1,412	33,3
8	+	0	+1,412	58,7
9	+	0	0	51,7
10	I	0	0	48
11	+	0	0	51,3
12	+	0	0	49,3
13	+	0	0	50,7

2.3. Контроль знаний студентов

2.3.1. Перечень форм контроля

Промежуточный контроль знаний студентов осуществляется при подготовке к работе, выполнении и сдаче каждого задания лабораторной работы и этапа научно-исследовательской работы.

В качестве заключительного контроля знаний студентов в 9 семестре служит зачет. Зачет ставится при выполнении и защите всех лабораторных и самостоятельных работ, выполнении научно-исследовательской работы.

2.3.2. Оценка знаний студентов

Нормы оценки знаний предполагают учет индивидуальных особенностей студентов, дифференцированный подход к обучению, проверке знаний, умений.

В устных и письменных ответах студентов на зачете оцениваются знания и умения по системе зачета. При этом учитывается: глубина и полнота знаний, владение необходимыми умениями (в объеме полной программы); осознанность и самостоятельность применения знаний в учебной деятельности, логичность изложения материала, включая обобщения, выводы (в соответствии с заданным вопросом), соблюдение норм литературной речи.

2.3.3. Критерии оценки

Ставится «зачет» – материал усвоен в полном объеме; изложен логично; основные умения сформированы и устойчивы; выводы и обобщения точны или в усвоении материала имеются незначительные пробелы; изложение недостаточно систематизировано; отдельные умения недостаточно устойчивы; в выводах и обобщениях допускаются некоторые неточности.

Ставится «незачет» – в усвоении материала имеются пробелы; материал излагается не систематизировано; отдельные умения недостаточно сформированы; выводы и обобщения аргументированы слабо; в них допускаются ошибки; основное содержание материала не усвоено.

2.4 Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Этапы исследовательской работы. Обоснование темы, ее актуальность. Задачи намечаемых исследований.
2. Патентный поиск и анализ научно-технической информации с целью определения наиболее перспективного направления в проведении исследований.
3. Составление плана исследования, проведение предварительного эксперимента с целью определения основных технологических параметров исследуемого процесса.
4. Нарботка образцов для проведения эксперимента. Анализ образцов с целью определения основных физико-механических свойств исследуемых переплетений.
5. Принципы и методы отбора образцов и проб. Одноступенный метод отбора (случайный метод отбора, механический одноступенный метод отбора, использование одноступенных методов отбора); двухступенные методы отбора (комбинированный метод отбора, механический двухступенный метод отбора, серийный метод отбора); многоступенный метод отбора.
6. Погрешности измерений и запись результатов испытаний. Погрешность измерений (абсолютная погрешность, относительная погрешность, основные и дополнительные погрешности); точность измерений и приборов (показатели и классы точности, классы погрешности приборов); качество измерений, точность отсчетов, значащие и верные цифры чисел, правила округления.
7. Сводные характеристики результатов испытаний одной пробы или всей партии материалов. Сводные характеристики результатов испытаний одноступенной случайной выборки. Определение дисперсии выборки. Определение сводных характеристик для партии материала с учетом ошибок одноступенно случайной выборки.
8. Оценка соответствия фактического распределения результатов испытаний нормальному. Нормальное распределение результатов испытаний.

- Оценка соответствия распределения нормальному по величине асимметрии и эксцесса. Оценка гипотезы.
9. Сводные характеристики результатов измерений при двухступенной выборке. Сводные характеристики результатов измерений при трехступенной выборке. Совместный учет ошибки выборки и предельной погрешности измерений. Отбрасывание неточных результатов испытаний. Повторное проведение анализов.
 10. Выборочные статистические совокупности. Статистические совокупности, признаки, варианты. Полигоны, гистограммы. Накопленные численности и частоты, суммарные функции распределения. Кумуляты и огивы. Коэффициент неравноты, момент эмпирического распределения. Составные совокупности.
 11. Двумерные выборочные совокупности. Составление эмпирических формул. Выбор типа линий, выравнивающей ломаную линию регрессии. Метод выравненных точек. Метод наименьших квадратов. Аннаморфоза. Линейная корреляция. Корреляционное отношение.
 12. Разработка анкет для изучения потребительского спроса с учетом перспективного направления моды и заданного ассортимента.
 13. Проведение анкетного опроса и обработка результатов проведенного анкетирования.
 14. Разработка перспективной коллекции моделей заданного ассортимента.
 15. Характеристика используемого оборудования с учетом прогрессивной технологии выработки моделей заданного ассортимента.
 16. Подбор, разработка и расчет технологических параметров переплетений для вязания моделей заданного ассортимента.
 17. Выбор и обоснование принятых методов обработки с учетом прогрессивных технологий.
 18. Разработка предложений по использованию прогрессивного оборудования и современных материалов для изготовления разработанных изделий.

19. Математическая модель технологического процесса.
20. Имитационное моделирование структуры трикотажа.
21. Моделирование деформации трикотажа.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.

3.1. Основная литература

1. Севостьянов П.А. Математические методы обработки данных. Учебное пособие для вузов, - М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2004.
2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов,- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности,- М.: Легпромбытиздат, 1991.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерное приложение: Учебное пособие. Рек. МО РФ. - М.: Высшая школа, 2000.
5. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991
6. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы проектирования трикотажного производства с элементами САПР, - М.: Легпромбыт издаи, 1989

3.2. Дополнительная литература

1. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности, - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1980.
2. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере/ Под ред. Фигурнова В.Э. - М.: ИНФРА, 1998.
3. Орвис В.Дж. EXCEL для ученых, инженеров и студентов: Пер. с англ. - Киев: Юниор, 1999.
4. Рыжиков Ю.И. Решение научно-технических задач на персональном компьютере: Для студентов и инженеров. -Спб.: КОРОНА принт, 2000.
5. Васильев О.В., Аргучинцев А.В. Методы оптимизации в задачах и упражнениях: Учебное пособие. - М.: Физматлит, 1999.

6. Н.Джонсон, Ф.Лион Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных.- М.: Издательство «Мир», 1990.
7. Лударь А.И. Кругловязальные машины с электронными системами программного отбора игл, -М.: Легкая индустрия, 1980.
8. Офферман П., Тауш-Мартон Х. Основы технологии трикотажного производства, -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.
9. Нешатаев А.А., Гусейнов Г.М., Савватеева Г.Г. Художественное проектирование трикотажных полотен, -М.: Легпромбытиздат, 1987.
- 10.. Поспелов Е.П. Двухслойный трикотаж, -М.: Легкая и пищевая промышленность, 1992.
11. Гусева А.А. Технология и оборудование круглотрикотажного производства, - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

3.3 Методическое обеспечение дисциплины

1. Абакумова И.В., Рыбакова Л.В., Садовская М.Н Построение математических моделей средствами Excel. Учебно-методическое пособие. Амурский гос.ун-т, Благовещенск, 2000.
2. Абакумова И.В., Тибенко Т.А., Сухова Т.Н. Обработка данных средствами Excel. Учебно-методическое пособие. Амурский гос.ун-т, Благовещенск, 2006.

3.4 Технические средства обеспечения дисциплины

- 1.Компьютер.
- 2.Электронная таблица MS Excel.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе	3
2. Содержание дисциплины	5
2.1 Наименование тем, объем (в часах) лекционных, лабораторных занятий и самостоятельной работы	5
2.2 Лабораторные занятия. Самостоятельная работа студентов	6
2.2.1. Методические указания для выполнения лабораторных работ	8
Лабораторная работа № 1	8
Лабораторная работа № 2	20
Лабораторная работа № 3	32
Лабораторная работа № 4	35
Лабораторная работа № 5	48
Лабораторная работа № 6	59
Лабораторная работа № 7	78
2.3. Контроль знаний студентов	89
2.3.1. Перечень форм контроля	89
2.3.2. Оценка знаний студентов	89
2.3.3. Критерии оценки	89
2.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету	90
3. Учебно-методические материалы по дисциплине. Рекомендуемая литература	93
3.1. Основная литература	93
3.2. Дополнительная литература	93
3.3. Методическое обеспечение дисциплины	94
3.4. Технические средства обеспечения дисциплины	94

Ирина Валентиновна Абакумова,

доцент кафедры конструирования и технологии одежды АмГУ

Прогрессивные технологии в трикотажной промышленности

Учебно-методический комплекс по дисциплине для специальности 260704 –
«Технология текстильных изделий»
