МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт

Кафедра «Машиностроение и материаловедение»

Утверждено на заседании кафедры
«Машиностроение и материаловедение»
«30» января 2023 г., протокол № 6

Зав. кафедрой
__________________ А.В. Анцев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по проведению практических (семинарских) занятий
по дисциплине (модулю)
«*Математическое моделирование в металлургии*»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
22.04.02 Металлургия

с направленностью (профилем)
Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Форма обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 220402-01-22

Тула 2023 год

Разработчик методических указаний

Тихонова Ирина Васильевна, доцент, канд.техн.наук, доцент

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

Практическое занятие 1

Определение закона распределения исходных случайных величин в выборке.

(2 часа)

1. Цель работы: Получение навыков идентификации закона распределения случайных величин в выборке методом моментов с применением графического метода Пирсона

2. План практического занятия

2.1. Контроль готовности студента путем выборочного опроса.

2.2. Решение типовых задач на доске (см. п. 3).

2.3. Самостоятельное решение предложенных преподавателем задач при консультации преподавателя.

2.4. Подведение итогов занятия

3. Методические указания к проведению занятия (сведения из теории)

Моментом *к*-ого порядка называют среднее из *к*-ых степеней отклонений случайных величин от некоторой постоянной величины *A*.

Большинство из широко применяемых законов распределения могут быть описаны с помощью первых четырех моментов. Третий центральный момент относительно среднего связан с асимметрией распределения. Четвертый центральный момент относительно среднего связан с островершинностью распределения.

Одним из наиболее простых методов подбора эмпирической функции распределения является графический метод Пирсона. Для этого используют графики Пирсона в координатах «нормированный третий центральный момент - нормированный четвертый центральный момент» с указанием в плоскости областей, наиболее близких к тому или иному закону распределения. При этом нормирование указанных моментов производится к центральному моменту второго порядка. Если точка с рассчитанными по значениям нормированных моментов координатами лежит достаточно близко к области (или внутри области), соответствующей названному в ней теоретическому распределению, то это распределение может быть использовано для описания исследуемого процесса или явления.

Поскольку модель распределения подбирается для выборок, состоящих из случайных величин, то и параметры (среднее, дисперсия, асимметрия, эксцесс) этих выборок будут величинами случайными. Для нормального закона распределения нормированные показатели асимметрии и эксцесса имеют следующие теоретические значения: нормированный коэффициент асимметрии равен 0, нормированный эксцесс - 3.

4. Контрольные мероприятия - сдача оформленного в соответствии с требованиями кафедры отчета в конце практического загятия.

5. Допуск к зачету производится только после выполнения и защиты всех предусмотренных рабочей программой практических занятий.

Практическое занятие 2

Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции, Проверка значимости коэффициента корреляции

(2 часа)

1. Цель работы: Получение навыков определения коэффициента парной корреляции и освоение методики проверки статистической гипотезы на примере определения значимости коэффициента корреляции

2. План практического занятия

2.1. Контроль готовности студента путем выборочного опроса.

2.2. Решение типовых задач на доске (см. п. 3).

2.3. Самостоятельное решение предложенных преподавателем задач при консультации преподавателя.

2.4. Подведение итогов занятия

3. Методические указания к проведению занятия (сведения из теории)

При построении моделей металлургических процессов, анализе процессов часто приходится решать задачи о степени связи, а также выражать в математической форме взаимосвязь между двумя или большим числом признаков. Рассмотрим этот вопрос при условии, что зависимости между отдельными переменными являются линейными; это означает, что мы можем выразить их в виде уравнения прямой или плоскости. Такое упрощение вызывается главным образом тем, что большинство нелинейных связей можно, трансформируя переменные, заменить линейными зависимостями. Нелинейную зависимость типа

$$y = a \cdot b^x$$

можно преобразовать при помощи логарифмов так:

$$\log y = \log a + x \log b;$$

если $\log y = Y$, $\log a = A$, $\log b = B$, то получим линейную зависимость вида

$$Y = A + Bx.$$

Аналогично нелинейную функцию

$$y = a \cdot x^b$$

можно выразить с помощью логарифмов так:

$$\log y = \log a + b \log x.$$

Если $\log y = Y$, $\log a = A$, $\log x = X$, то получим линейную зависимость

$$Y = A + b\,X.$$

В том случае, если зависимость выражена многочленом n-ной степени

$$y = b + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \ldots + a_n x^n,$$

то преобразовав $x=x_1$; $x^2=x_2$, $x^3=x_3$,... ,$x^n=x_n$ получим n-кратную линейную форму

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \ldots + a_n x_n,$$

При корреляционном анализе устанавливается характер зависимости между двумя или более переменными. Для простоты предположим, что эти переменные имеют нормальное распределение или являются неслучайными переменными. При регрессивном анализе мы стремимся выяснить характер этой зависимости аналитически, при помощи соответствующих уравнений. При двух переменных, зная одну, так называемую независимую переменную, можно определить вторую, зависимую переменную и оценить результат взаимосвязи. Объясним на примерах понятие зависимости.

Возьмем совокупность элементов, у которых мы наблюдали два признака. Не исключена возможность, что они связаны так же тесно, как, например, стороны и площадь квадрата. Последняя является функциональной зависимостью ($y=x^2$), которая совершенно точно определяет значение одного признака (y), когда известен второй признак (x).

Следующий вид зависимости определяется различными физическими законами, которые при определенных условиях выражают зависимость между отдельными физическими величинами (например, между давлением и объемом газа).

Если существует зависимость между двумя признаками, то мы говорим, что между ними имеется корреляционная связь, стохастическая (вероятностная) зависимость. Стохастическая зависимость проявляется в том, что с изменением количественных значений одной переменной изменяется вероятность появления различных количественных значений другой. Такая зависимость выражается в определенных связях между вероятностями событий. Поэтому ее можно определить только при изучении эмпирических характеристик этих совокупностей, Для количественной оценки зависимости между изучаемыми признаками (переменными) используют показатель корреляции — число, не зависящее от характера изучаемых признаков и от единиц, в которых они были измерены.

Дополнив таблицу расчетом средних арифметических значений переменной y для каждого значения классификационного признака x_i, мы найдем в ней наиболее простое эмпирическое выражение нужной характеристики распределения одной переменной от значений другой. Колебания этих средних величин с изменением значений группового признака x_i являются для нас основным показателем степени корреляционной зависимости. Аналогично обстоит дело со значениями группового признака y_i и соответствующими им средними значениями $\overline{x_i}$.

Изобразив отдельные пары значений (x_i, y_i) точками в прямоугольной системе координат, мы получим совокупность точек, структура которой свидетельствует о корреляции данных переменных. Если точки рассеяны равномерно, т.е. ни одна из переменных не обнаруживает тенденцию к сосредоточению, то это означает, что переменные являются независимыми.

Если совокупность точек имеет некоторую растянутость в сторону оси x, так что точки $(x_i, y_i,)$ стремятся сосредоточиться около линии, параллельной оси x , то мы делаем вывод, что эти две переменные независимы (среднее арифметическое величины y_i при ~~он~~ределенном x не зависит от выбора x_i). Аналогично обстоит дело, если мы заменим x на y.

Если точки *(Xi, уг)* стремятся сосредоточиться вдоль прямых, то это свидетельствует о линейной зависимости между этими двумя переменными

.Теперь выясним, как определить какой-нибудь характерный показатель зависимости между двумя переменными.

Распределение самих переменных x и y в большинстве случаев характеризуется при помощи среднего арифметического и среднего квадратического отклонения.

График зависимости (сосредоточение точек) при помощи среднего арифметического переменных x и y разделим на четыре квадранта. Вся область сосредоточения точек делится осями прямоугольных координат с началом в точке, определяемой средней величиной *(*$\bar{x}$ *и* $\bar{y}$*).*

Получим новую характеристику, которая включает одновременно значения обеих переменных. Для каждого значения переменной x и y запишем отклонения от их средних,

$x_i - \bar{x}$ и $y_i - \bar{y}$.

Далее, запишем произведение этих двух отклонений

$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$.

Значения произведения этих отклонений будут в первом квадранте положительными, во втором — отрицательными, в третьем — положительными, в четвертом — отрицательными. Это объясняется тем, что переменные x и y имеют в первом квадранте положительные отклонения, а значит и их произведение — положительное; во втором квадранте переменная x имеет положительные отклонения, а переменная y — отрицательные, значит их произведение — отрицательное и т. д. Теперь сложим все произведения этих отклонений

$$\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

В случае, когда отсутствует зависимость между переменными *x* и *y,* сумма произведений этих отклонений будет весьма малой величиной (близкой к нулю), так как величины положительных и отрицательных отклонений взаимно компенсируют друг друга. положительных величин произведений отклонений, расположенных в первом и третьем квадрантах, будет больше, чем отрицательных, иными словами, сумма произведений приобретает определенное значение. Это значение будет тем больше, чем теснее связь между переменными *x и y.* Максимальное значение достигается при функциональной линейной зависимости.

Рассмотрим еще один случай, когда покрытое точками поле будет сосредоточено во втором и четвертом квадрантах, т. е. когда отрицательных величин будет больше, а следовательно, и их сумма будет выражаться отрицательной величиной. Речь пойдет об отрицательной зависимости, где с возрастанием величины переменной *x* уменьшается значение переменной *y* (в предыдущем случае с увеличением величины *x* одновременно увеличивалась и величина *y).*

Если сумму произведений отклонений разделить на количество наблюдений, то получим определенную относительную характеристику.

$$1/n \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

Эта величина среднего произведения отклонений значений двух переменных от их средних арифметических называется ковариацией, или смешанным вторым моментом этих двух переменных *(x* и *y).*

Смешанный второй момент также является определенной мерой зависимости. Однако ковариация имеет недостаток — ее величина при постоянной степени плотности растет с увеличением изменчивости величин отдельных переменных. Для устранения этого недостатка следует измерять отклонения от средней величины в направлении основного отклонения данной переменной. Это отклонение является лучшей мерой изменчивости, поэтому его используем в качестве единиц, в которых будем выражать отклонения от средних величин. Таким образом, получим выражение

$$r_{xy} = [1/n \sum^{n} (x_i — \bar{x}) \cdot (y_i — \bar{y})] / s_x s_y$$

которое получило название «коэффициент корреляции».

Коэффициент корреляции выражает степень взаимосвязи между двумя переменными лишь в случае линейной зависимости.

1. В случае функциональной линейной зависимости, обычно определяемой уравнением прямой $y=ax+b$, величина коэффициента корреляции примерно равна ±1. Если a — положительное число (a>0), то речь идет о функциональной положительной линейной зависимости (прямой). В этом случае с возрастанием величин переменной x линейно возрастают и величины переменной y, и наоборот. Если же a — отрицательное число (a<0), то речь идет о функциональной отрицательной линейной зависимости (обратной), при которой с увеличением величин переменной x линейно уменьшаются величины переменной y, и наоборот.

2. В случае отсутствия зависимости между исследуемыми переменными величина коэффициента корреляции приближается к нулю .

3. Значения коэффициента корреляции колеблются в интервале (—1, +1), т. е. $-1 \leq r_{xy} \geq +1$. Чем теснее связь между двумя переменными, тем ближе величина r_{xy} к +1 или к —1. Если r_{xy} приближается к нулю, то степень связи между рассматриваемыми переменными очень мала. Если величина r_{xy} <0, то речь идет об отрицательной зависимости (обратной) и если r_{xy} >0, то речь идет о положительной зависимости.

Выражение можно преобразовать алгебраически, в результате чего оно становится более удобным для числового расчета:

$$r_{xy} = \left(1/n \sum_{i=1}^{n} x_i\, y_i — \bar{x}\,\bar{y}\right) / s_x s_y,$$

При небольшом количестве наблюдений ($n \leq 30$) расчет производится непосредственно по формуле.

В случае большого числа наблюдений, вводим новые переменные:

$$v_i = (x_i\text{-}x_0)/h_i;\ w_k = (y_i\text{-}y_0)/h_k$$

После внесения результатов наблюдения в корреляционную таблицу и введения новых переменных довольно легко рассчитать величину коэффициента корреляции по формуле

$$r_{xy} = r_{vw} = \left[1/n \sum_{i=1}^{r} \sum_{k=1}^{s} v_i\, w_k\, n_{ik} — \bar{v}\bar{w})\right] / s_v s_w,$$

где r — общее количество интервалов группирования переменной x;

s — общее число интервалов группирования переменной y;

n_{ik} — количество наблюдений, значение переменной x которых лежит в i-том интервале группирования переменной x, а величина переменной y лежит в k-том интервале группирования переменной y.

4. Контрольные мероприятия - сдача оформленного в соответствии с требованиями кафедры отчета в конце практического загятия.

5. Допуск к зачету производится только после выполнения и защиты всех предусмотренных рабочей программой практических занятий.

Практическое занятие 3

Регрессионный анализ модели. Дисперсионный анализ модели. Анализ остатков

(4 часа)

1. Цель работы: Получение навыков линеаризации исходных результатов совместных измерений, практическое освоение приемов выбора наилучшей модели результатов совместных измерений. Анализ остатков модели.

2. План практического занятия

2.1. Контроль готовности студента путем выборочного опроса.

2.2. Решение типовых задач на доске (см. п. 3).

2.3. Самостоятельное решение предложенных преподавателем задач при консультации преподавателя.

2.4. Подведение итогов занятия

3. Методические указания к проведению занятия (сведения из теории)

Методы экстраполяции являются, пожалуй, самыми распространенными и наиболее разработанными среди всей совокупности методов прогнозирования. Использование экстраполяции имеет в своей основе предположение о том, что рассматриваемый процесс изменения переменной представляет собой сочетание двух составляющих — регулярной и случайной:

$$y(\bar{x}) = f(a,x) + \eta(x).$$

Считается, что регулярная составляющая $f(a,\overline{x})$ представляет собой гладкую функцию от аргумента (в большинстве случаев — времени), описываемую конечномерным вектором параметров *a,* которые сохраняют свои значения на периоде упреждения прогноза. Эта составляющая называется также *трендом, уровнем, детерминированной основой процесса, тенденцией.* Под всеми этими терминами лежит интуитивное представление о какой-то очищенной от помех сущности анализируемого процесса. Интуитивное, потому что для большинства экономических, технических, природных процессов нельзя однозначно отделить тренд от случайной составляющей. Все зависит от того, какую цель преследует это разделение и с какой точностью его осуществлять.

Случайная составляющая $\eta(x)$ обычно считается некоррелированным случайным процессом с нулевым математическим ожиданием. Ее оценки необходимы для дальнейшего определения *точностных* характеристик прогноза.

Экстраполяционные методы основной упор делают на выделение наилучшего в некотором смысле описания тренда и на определение прогнозных значений путем его экстраполяции. Методы экстраполяции во многом пересекаются с методами прогнозирования по регрессионным моделям. Иногда их различия сводятся лишь к различиям в терминологии, обозначениях или написании формул. Некоторые авторы объединяют эти методы в одну группу. Тем не менее сама по себе прогнозная экстраполяция имеет ряд специфических черт и приемов, позволяющих причислять ее к некоторому самостоятельному виду методов.

Специфическими чертами прогнозной экстраполяции можно назвать методы предварительной обработки числового ряда с целью преобразования его к виду, удобному для прогнозирования, а также анализ логики и физики прогнозируемого процесса, оказывающий существенное влияние как на выбор вида экстраполирующей функции, так и на определение границ изменения ее параметров.

Предварительная обработка исходного числового ряда направлена на решение следующих задач (всех или части из них): снизить влияние случайной составляющей в исходном числовом ряду, т.е. приблизить его к тренду; представить информацию, содержащуюся в числовом ряду, в таком виде, чтобы существенно снизить трудность математического описания тренда. Основными методами решения этих задач являются процедуры сглаживания и выравнивания статистического ряда.

Процедура сглаживания направлена на минимизацию случайных отклонений точек, ряда от некоторой гладкой кривой предполагаемого тренда процесса. Наиболее распространен способ осреднения уровня по некоторой совокупности окружающих точек, причем эта операция перемещается вдоль ряда точек, в связи с чем обычно называется скользящая средняя. В самом простом варианте сглаживающая функция линейна и сглаживающая группа состоит из предыдущей и последующей точек, в более сложных — функция нелинейна и использует группу произвольного числа точек.

Сглаживание производится с помощью многочленов, приближающих по методу наименьших квадратов группы опытных точек. Наилучшее сглаживание получается для средних точек группы, поэтому желательно выбирать нечетное количество точек в сглаживаемой группе. Сами группы точек берут по составу скользящими по всей таблице. Например, по первым точкам y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 сглаживают среднюю y_3, затем по следующей пятерке y_2, y_3, y_4, y_5, y_6 сглаживают y_4 и т. д. Остающиеся крайние точки сглаживают по специальным формулам.

Наиболее распространенной формой сглаживания является линейное, т.е. с использованием многочлена первой степени.

Для сглаживания по трем точкам формулы имеют такой вид:

$\check{y}_0 = 1/3 * (y_{-1} + y_0 + y_{+1});$

$\check{y}_{-1} = 1/6 * (5y_{-1} + 2y_0 - y_{+1});$

$\breve{y}_{+1} = 1/6 * (-y_{-1} + 2y_0 + 5y_{+1})$,

где y_0, $\breve{y}_0$ — значения исходной и сглаженной функций в средней точке; y_{-1}, $\breve{y}_{-1}$ — значения исходной и сглаженной функций в левой от средней точке; y_{+1}, $\breve{y}_{+1}$ — значения исходной и сглаженной функций в правой от средней точке.

Формулы для $\breve{y}_{-1}$ и $\breve{y}_{+1}$ применяются, как правило, только по краям интервала.

Аналогичные формулы имеются для сглаживания рядов по пяти точкам:

$\breve{y}_0 = 1/5 * (y_{-2} + y_{-1} + y_0 + y_{+1} + y_2)$;

$\breve{y}_{-1} = 1/10 * (4y_{-2} + 3y_{-1} + 2y_0 + y_{+1})$;

$\breve{y}_{+1} = 1/10 * (y_{-1} + 2y_0 + 3y_1 + 4y_2)$;

$\breve{y}_{-2} = 1/5 * (3y_{-2} + 2y_{-1} + y_0 - y_2)$;

$\breve{y}_{+2} = 1/5 * (-y_{-2} + y_0 + 2y_1 + 3y_2)$.

Сглаживание даже в простом линейном варианте является во многих случаях весьма эффективным средством выявления тренда при наложении на эмпирический числовой ряд случайных помех и ошибок измерения. Для рядов со значительной амплитудой помехи имеется возможность проводить многократное сглаживание исходного числового ряда. Число последовательных циклов сглаживания должно выбираться в зависимости от вида исходного ряда, от степени предполагаемой его зашумленности помехой, от цели, которую преследует сглаживание. Надо иметь при этом в виду, что эффективность этой процедуры быстро уменьшается (в большинстве случаев), так что, как показывает опыт, целесообразно повторять ее от одного до трех раз.

В качестве некоторого объективного критерия, по которому можно судить о нецелесообразности повторного сглаживания, возможно использовать выражение

$$\max\{|\check{y}_i - y_i|\} \le \varepsilon,$$

где ε — положительное число, выбираемое из соображений точности представления данных и точности последующих алгоритмов обработки; i = l, 2, ..., *n* — номера точек в исходной последовательности.

При большом числе точек исходного ряда эту процедуру можно привести к рекуррентной, использующей каждый раз предыдущее значение сглаженного уровня.

Линейное сглаживание является достаточно грубой процедурой, выявляющей общий приблизительный вид тренда. Для более точного определения формы сглаженной кривой может применяться операция нелинейного сглаживания или взвешенные скользящие средние. В этом случае ординатам точек, входящих в скользящую группу, приписываются различные веса в зависимости от их расстояния от середины интервала сглаживания. Выбирается кривая, обычно 2-го или 3-го порядка, и ее ордината, соответствующая центру интервала сглаживания, принимается за сглаженное значение уровня. Расчет параметров сглаживающей кривой производится по методу наименьших квадратов, однако ординату центральной точки можно рассчитать как некоторую взвешенную среднюю из всех ординат точек сглаживающей группы. Так, для параболического сглаживания можно использовать следующие формулы сглаживания по пяти и семи точкам для центрального уровня:

$$m = 5: \check{y}_t = 1/35 * (-3y_{t-2} + 12y_{t-1} + 17y_t + 12y_{t+1} - 3y_{t+2});$$

$$m = 7: \check{y}_t = 1/21 * (-2y_{t-3} + 3y_{t-2} + 6y_{t-1} + 7y_t + 6y_{t+1} + 3y_{t+2} - 2y_{t+3}).$$

Аналогичные формулы рассчитаны и для большого числа точек (9, 11, 21). Имеются также формулы, аналогичные (5.2), (5.3), позволяющие вычислять сглаженные значения по краям числового ряда.

Сглаживание рядов по большому числу точек *m* используется относительно редко: оно приемлемо лишь по отношению к большим по протяженности исходным последовательностям, что в прогнозировании случается не часто. Помимо этого, по краям ряда остается значительное число неудовлетворительно сглаженных точек, а для прогнозной экстраполяции конец числового ряда имеет наиболее важное значение.

Если сглаживание направлено на первичную обработку числового ряда для исключения случайных колебаний и выявления тренда, то *выравнивание* служит целям более удобного представления исходного ряда, оставляя прежними его значения. Выравниванием будем называть преобразование эмпирической формулы $y = f(x, \cancel{a})$, где f — произвольная функция, к виду

$$Y = A + BX.$$

Очевидно, что эта процедура может быть реализована не во всех случаях, не для всех функций, однако большинство простых функций, наиболее распространенных в практике экстраполяционных и интерполяционных расчетов, относительно просто поддается выравниванию. Функции с большим числом параметров выравниваются сложнее и далеко не всегда.

Наиболее общими приемами выравнивания являются логарифмирование и замена переменных. Рассмотрим эти приемы на ряде следующих конкретных примеров:

1. Для отыскания параметров степенной функции $y=ax^b$ применяют логарифмическое преобразование вида $lg\, y = lg\, a + b\, lg\, x$ и замену переменных: $X = lg\, x$; $Y = lg\, y$. В результате имеем (5. 6), где $A = lg\, a$, $B = b$.

Таким образом, перестроив экспериментальные точки предполагаемой степенной зависимости в логарифмической сетке, мы получим линейную зависимость, которую легко описать и экстраполировать, а затем пересчитать результаты по формулам, обратным исходному преобразованию переменных.

2. Для показательной функции $y=ae^{bx}$ также можно применить логарифмическое выравнивание: $lg\,y = lg\,a + b\,lg\,ex$ и замену: $X = x;\ У = lg\,y.$, где $A = lg\,a,\ B=b\,lg\,e.$

В этом случае, очевидно, следует предусмотреть перестроение экспериментальных точек в полулогарифмическом масштабе с последующим анализом полученного графика. Если взять натуральный логарифм, то формула упростится еще больше.

3. Для зависимостей вида: а) $y = 1/(a+bx)$ и б) $y = x/(a+bx)$ используются преобразования такого вида:

а) $У = 1/y = A + Bx$, *где* $A = a,\ B = b;$

б) $X = 1/x$ *и* $У = 1/y$, *что дает* $У= (a+b/x) / (1/X) =A+BX$**,**

где $A = b,\ B = a.$ В этом случае по осям координатной сетки следует откладывать величины, обратные значениям исходных переменных.

4. Если предполагаемая эмпирическая зависимость имеет вид

$У = 1/(a+be^{-x})$, то преобразование выравнивания имеет такой вид:

$У = 1/y,\ X = e^{-x}$. Тогда коэффициенты формулы (5.6) $Y=A+BX$ будут $A=a;\ B=b.$

Следует иметь в виду, что определенные после выравнивания значения параметров функции $f(x, \overline{a})$ минимизируют сумму квадратов отклонений преобразованных величин от линейной зависимости (5.6), а не сумму квадратов отклонений измеренных величин от расчетных. Поэтому такой расчет следует считать лишь определенным приближением к истинно оптимальным значениям коэффициентов.

В случае, если эмпирическая формула предполагается содержащей три параметра либо известно, что функция трехпараметрическая, иногда удается путем некоторых преобразований исключить один из параметров, а оставшиеся два привести к одной из формул выравнивания.

Можно рассматривать выравнивание не только как метод представления исходных данных, но и как метод непосредственного приближенного определения параметров функции, аппроксимирующей исходный числовой ряд. Зачастую именно так и используется этот метод в некоторых экстраполяционных прогнозах. Отметим, что возможность непосредственного его использования для определения параметров аппроксимирующей функции определяется главным образом видом исходного числового ряда и степенью наших знаний, нашей уверенности относительно вида функции, описывающей исследуемый процесс.

В том случае, если вид функции нам неизвестен, выравнивание следует рассматривать как предварительную процедуру, в процессе которой путем применения различных формул и приемов выясняется наиболее подходящий вид функции, описывающей эмпирический ряд.

Одной из разновидностей метода выравнивания является исследование эмпирического ряда с целью выяснения некоторых свойств функции, описывающей его. При этом не обязательно преобразования приводят к линейным формам. Однако результаты их подготавливают и облегчают процесс выбора аппроксимирующей функции в задачах прогностической экстраполяции. Такое исследование производится с помощью так называемых дифференциальных функций роста.

4. Контрольные мероприятия - сдача оформленного в соответствии с требованиями кафедры отчета в конце практического загятия.

5. Допуск к зачету производится только после выполнения и защиты всех предусмотренных рабочей прграммой практических занятий.

Практическое занятие 4

Построение и анализ одно- и многофакторных моделей с использованием профессиональных ППП. Знакомство с блоком регрессионного анализа в ППП “Statgraphics”. Анализ параметров модели и проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

(4 часа)

1. Цель работы: Знакомство с блоком регрессионного анализа в ППП «STATGRAPHICS», построение моделей, описывающих влияние химического состава физических объектов на комплекс свойств. Анализ параметров модели и проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

2. План практического занятия

2.1. Контроль готовности студента путем выборочного опроса.

2.2. Решение типовых задач на доске (см. п. 3).

2.3. Самостоятельное решение предложенных преподавателем задач при консультации преподавателя.

2.4. Подведение итогов занятия

3. Методические указания к проведению занятия (сведения из теории)

Все технические изделия изготавливают из определенных материалов. Для каждого изделия требуется свой материал с определенными, специфическими для данного изделия характеристиками свойств (технологических, механических, физических, химических и пр.).

Сделать объективный выбор материала необычайно трудно, хотя бы уже из-за самой возможности разнообразных комбинаций таких свойств материалов, как плотность, сопротивление сжатию и разрыву, пластичность, коррозионная стойкость, жаропрочность, электрическая проводимость, способность к переработке и других. На практике этот процесс усложняется еще из-за различия качества, вида, способов обработки материала и требований экономики. Наконец, выбор материала в значительной мере зависит от вида и способа изготовления детали, ее массы и размеров, требуемой надежности, площади поверхности изделия и множества других факторов.

Последние десятилетия отличались более высокими темпами создания новых и совершенствования существующих конструкционных материалов, чем наблюдалось ранее. Этому способствовало благоприятное взаимодействие рыночных факторов и факторов, стимулирующих технологические разработки. В совокупность "рыночных факторов" следует включить требования потребителей к снижению массы изделий, повышению их жесткости и прочности, повышению коррозионной стойкости, более высокой надежности. И, наконец, в наш век, век конкуренции, охватившей все страны мира, доминирующим требованием рынка является снижение стоимости *всего цикла жизни* этих материалов.

С другой стороны, появление новых материалов, удовлетворяющих запросам рынка, стало возможным благодаря более глубокому научному пониманию взаимосвязи между составом, структурой и свойствами этих материалов и расширению возможностей контроля и манипулирования структурой и свойствами. Вместе с тем их появлению мы в не меньшей мере обязаны достижениям в области приборостроения, производственно-технологического оборудования и переработки информации. Именно эти достижения позволили ускорить появление новых материалов, добиться такой экономичности их производства на основе новых и усовершенствованных технологий, которая была невозможна еще совсем недавно. Значительное внимание в настоящее время уделяется исследованиям поведения материалов в экстремальных условиях: при сверхнизких и сверхвысоких температурах и давлениях, радиационном облучении, воздействии мощных электрических и магнитных полей и т.д.

Следует иметь в виду, что для высокоразвитых стран доля стоимости материалов в совокупном общественном продукте составляет порядка 60 %. Вместе с тем достижения в материаловедении и технологии материалов быстро сказываются на всей экономике. Фактически прогресс в материаловедении определяет темпы роста ключевых секторов экономики. Применение новых материалов является важным фактором в решении таких фундаментальных проблем, как ограниченность природных ресурсов, недостаток стратегических материалов, поддержание темпов экономического развития, рост производительности труда и повышение конкурентоспособности продукции. Отсюда понятно, что для России в условиях дефицита материалов и низкой конкурентоспособности продукции курс на экономное расходование материалов принадлежит к решающим факторам хозяйственного развития.

Необходимо принимать во внимание также и то обстоятельство, что новые характеристики материалов получают не только путем создания принципиально новых материалов, но и путем разработки новых технологических процессов (порошковые технологии, производство композиционных материалов, сверхпластическое деформирование и т.д.). Появление новых материалов, зачастую обладающих уникальными свойствами, способствует разработке новых конструкторских решений. В свою очередь, оригинальные конструкторские новинки стимулируют создание новых материалов и технологий их производства и обработки.

Традиционно металловедение считается наукой, изучающей строение и свойства металлов и их сплавов, устанавливающей связь между их составом, строением и свойствами и разрабатывающей пути воздействия на их свойства . Однако современный уровень развития физического металловедения позволяет во многих случаях не только констатировать получающийся уровень свойств и объяснять его достижение соответствующими фазовыми и структурными превращениями, но и в буквальном смысле конструировать металлический материал с требуемым комплексом свойств. Наиболее наглядным примером подобного подхода являются композиционные материалы. Не случайно поэтому возникновение дискуссии о пересмотре основополагающей проблематики научного материаловедения. Предлагается и другое определение: «Материаловедение – это наука, занимающаяся разработкой принципов выбора и создания материалов с наперед заданными свойствами применительно к требованиям их практического использования».

В настоящее время научные основы выбора материалов являются еще недостаточно изученным направлением исследований, стоящим на стыке современных достижений в области материаловедения, конструирования, машиностроения .

Новое конструктивное и технологическое решение может быть только тогда успешно реализовано, когда проведен выбор оптимального материала, когда используется нужный материал на нужном месте. Это значит, что вопросы экономии материалов решаются уже на стадиях подготовки производства: до 75 % в фазе исследования и разработки, до 13 % – технологической подготовки и до 12 % – непосредственного изготовления. Фундаментальное значение материалов для достижения успешных экономических показателей деятельности предприятия вытекает из сравнительного анализа важнейших «факторов производства», т.е. «входных величин» производящего предприятия: для большинства отраслей экономики округленно доля фактора производства «материал» примерно на 10 % выше доли фактора производства «персонал» и на порядок выше доли фактора производства «энергия» .

Трудность заключается в том, что произвести выбор с помощью простого сопоставления абсолютных свойств рассматриваемых материалов невозможно: один материал – прочнее, другой – дешевле, третий – лучше обрабатывается резанием и т. д. В подобных ситуациях возникает необходимость использовать какой-либо один обобщенный (интегральный) показатель, сводящий воедино все показатели свойств и характеризующий, таким образом, комплекс свойств материала в целом. Поскольку характеристики различных свойств имеют разные физический смысл и размерность, то для такого непосредственного сведения показателей свойств в один комплексный показатель необходимо предварительно произвести трансформацию шкал, то есть перевести абсолютные показатели единичных свойств из шкал с разными размерностями в шкалу, имеющую единую размерность, в частности, в относительную безразмерную шкалу.

Для решения подобного рода задач (выбор чего-либо по разным критериям) используются различные методики: методы оценки технического уровня изделий (технической продукции), функция желательности Харрингтона, выбор на основе анализа матрицы решений, метод экспертных оценок, статистические методы. Однако области применения указанных методик при решении задач выбора материалов и режимов их обработки не конкретизированы, а число публикаций с примерами их использования (причем относящихся, преимущественно, к выбору неметаллических материалов) крайне ограничено.

При выполнении настоящего практического занятия пользоваться рекомендациями к практическим занятиям 5 и 6.

4. Контрольные мероприятия - сдача оформленного в соответствии с требованиями кафедры отчета в конце практического загятия.

5. Допуск к зачету производится только после выполнения и защиты всех предусмотренных рабочей прграммой практических занятий.

Библиографический список

1. Павловский Ю.Н. Имитационное моделирование: учебн. пособие для вузов /Ю.Н.Павловский, Н.В.Белотелов, Ю.И.Бродский. - М.: Академия, 2008. - 236 с.

2. Строгалев В.П. Имитационное моделирование: учебн. пособие для вузов / В.П.Строгалев, И.О.Толкачева. - М.: Изд-во МГТУ им. Н,Э,Баумана, 2008. - 280 с.

3. Васильков Ю.В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: учебн .пособие для вузов / Ю.В.Васильков, Н.Н.Васильков. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 256 с.

4. Зайдель А.Н. Ошибки измерения физических величин: учеб. пособие/ А.Н.Зайдель. - 3-е изд., стер. - СПб.; Краснодар: Лань, 2009. - 109 с.

5. Барботько А.И. Основы теории математического моделирования: учеб. пособие для вузов /А.И.Барботько, А.О.Гладышкин. - 2-е изд. перераб. и доп. - Старый Оскол: ТНТ, 2009. - 212 с.

6. Выбор материала для деталей машин: методическое пособие/ И.В.Тихонова [и др.]; под ред.Е.М.Гринберга. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010.