Курсовая работа

Математическое моделирование при активном эксперименте (ПФЭ )

Содержание

Введение

Глава 1. Теоретическая часть

.1 Объект исследования

.2 Параметр оптимизации

.3 Факторы

.4 Модель

.5 Полный факторный эксперимент

1.6 Симплекс-метод

Глава 2. Расчетная часть

.1 Исходные данные

.2 Расчёт коэффициентов уравнения регрессии и выделение значимых коэффициентов

.3 Проверка гипотезы адекватности найденной модели

.4 Решение задачи оптимизации симплекс-методом

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

эксперимент швейный игла регрессия

# Введение

Чаще всего эксперимент ставят для решения одной из двух основных задач. Первую задачу называют экстремальной. Она заключается в отыскании условий процесса, обеспечивающих получение оптимального значения выбранного параметра. Признаком экстремальных задач является требование поиска экстремума некоторой функции. Эксперименты, которые ставят для решения задач оптимизации, называют экстремальными. Вторую задачу называют интерполяционной. Она состоит в построении интерполяционной формулы для предсказаний значений изучаемого параметра, зависящего от ряда факторов. Для решения экстремальной или интерполяционной задачи необходимо иметь математическую модель исследуемого объекта. Модель объекта получают, используя результаты опытов. При исследовании многофакторного процесса постановка всех возможных опытов для получения математической модели связана с огромной трудоемкостью эксперимента, так как их число очень велико. Задача планирования состоит в установлении минимально необходимого числа экспериментов и условий их проведения, в выборе методов математической обработки результатов и в принятии решений. Планирование экспериментов значительно сокращает их число, необходимое для получения модели процесса. Частным случаем планирования эксперимента является планирование экстремального эксперимента, т. е. процесс выбора их числа и условий проведения, минимально необходимых для нахождения экстремальных экспериментов с помощью метода Бокса - Уилсона, называемого методом крутого восхождения.

Метод Бокса - Уилсона предусматривает проведение экспериментов небольшими сериями. В каждой серии одновременно варьируют все факторы по определенным правилам. Эксперименты проводят так, чтобы после математической обработки результатов предыдущей серии можно было спланировать следующую серию.

При планировании экстремального эксперимента цель исследования должна быть четко сформулирована и должна иметь количественную оценку. Характеристику цели, заданную количественно, называют параметром оптимизации. Параметр оптимизации является реакцией, или откликом, на воздействие факторов, определяющих поведение процесса. Результаты эксперимента используют для получения математической модели исследуемого процесса. Математическая модель - система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или явление. При планировании эксперимента под математической моделью часто понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Такое уравнение называют функцией отклика.

При постановке экстремальных экспериментов на первом этапе находят область оптимума. На втором этапе стремятся получить более полное представление о поверхности отклика в области оптимума. Решение экстремальной задачи предусматривает получение функции отклика и нахождение с помощью ее оптимальных условий протекания процесса. В общем виде функция отклика, являющаяся и параметром оптимизации h, может быть представлена зависимостью

h = f (x1, x2 …,xk),

где x1, x2 …,xk - независимые переменные факторы.

Если функция отклика известна, то оптимальные условия процесса находят аналитически, без постановки эксперимента. Однако часто приходится решать экстремальные задачи при неполном знании механизма процесса. В этом случае зависимость функции отклика неизвестна, и поэтому вынуждены ограничиваться представлением ее, например, полиномом вида



где b0, b1,…- коэффициенты регрессии при соответствующих переменных.

По результатам эксперимента можно определить только выборочные коэффициенты регрессии b0, b1, b2, b12, …, которые являются лишь оценками теоретических коэффициентов регрессии b0, b1, b2, b12, … . Уравнение регрессии, полученное на основании экспериментов, и представляющее собой выборочную оценку y функции отклика h, может быть записано следующим образом:



На первом этапе планирования эксперимента для определения направления движения к оптимуму и крутого восхождения по поверхности отклика функцию отклика выражают полиномом первой степени:

 (1)

Для определения коэффициентов уравнения (1) достаточно реализовать факторный эксперимент типа 2k, где k - число факторов. Планы экспериментов типа 2k называют планами первого порядка.

Крутое восхождение заканчивают после достижения области оптимума. Область оптимума чаще всего удается описать полиномом второй степени:

 (2)

Чтобы определить все коэффициенты уравнения (2), необходимо реализовать план эксперимента, в котором каждый фактор варьируется не менее чем на трех уровнях.

Планы эксперимента, позволяющие оценить коэффициенты полинома второй степени, называют планами второго порядка.

Глава 1. Теоретическая часть

.1 Объект исследования

Для определения параметра оптимизации и выбора схемы планирования эксперимента предварительно изучают объект исследования на основе априорной информации, которую получают, изучая литературные данные и анализируя результаты ранее проведенных работ. При планировании эксперимента к объекту исследования предъявляют следующие требования.

. Объект исследования должен удовлетворять требованию воспроизводимости. При многократном повторении эксперимента его результат имеет разброс значений, который характеризует воспроизводимость результата. Объект исследования удовлетворяет требованию воспроизводимости, если его многократное повторение дает результаты с разбросом значений, не превышающим некоторой заданной величины.

. Объект должен быть управляемым, но практически нет абсолютно управляемых объектов. На реальный объект действуют как управляемые, так и неуправляемые факторы. Последние влияют на воспроизводимость результатов эксперимента и могут служить причиной ее нарушения. Если требование воспроизводимости удовлетворяется, выявляют возможность проведения активного эксперимента, предусматривающего активное вмешательство в исследуемый процесс и выбор для каждого эксперимента управляемых факторов на тех уровнях, которые представляют интерес для исследования.

Объект, на котором возможен активный эксперимент, называют управляемым.

1.2 Параметр оптимизации

При планировании эксперимента важно правильно выбрать параметр оптимизации. Движение к оптимуму возможно, если выбран один параметр оптимизации, а другие выступают в качестве ограничений. Возможно построение обобщенного параметра как функции от множества исходных параметров. Параметр оптимизации должен быть количественным, доступным для измерения и должен выражаться одним числом. Если измерение параметра невозможно, то пользуются ранговой оценкой. Ранг - это оценка параметра оптимизации по заранее выбранной шкале: двухбалльной, пятибалльной, десятибалльной и т.п. Ранговый параметр имеет ограниченную дискретную область определения. В простейшем случае область содержит два значения: да - нет; хорошо - плохо; брак - годные детали и т.д. При прочих равных условиях предпочтение необходимо отдавать количественному измерению, так как ранговая оценка носит субъективный характер.

Параметр оптимизации должен быть однозначным в статистическом смысле, т.е. заданному сочетанию уровней факторов должно соответствовать одно (с точностью до ошибки эксперимента) значение параметра оптимизации; эффективным в статистическом смысле, т.е. определяться с наибольшей точностью, что позволяет сократить до минимума число параллельных экспериментов; существовать для всех состояний исследуемого объекта; иметь физический смысл.

Параметры оптимизации могут быть экономическими, технико-экономическими, технико-технологическими и другими.

Экономическими являются прибыль, себестоимость, рентабельность. К технико-экономическим относят производительность, надежность, долговечность.

Технико-технологическими параметрами являются механические, физические, физико-химические и некоторые другие характеристики изделия. Большинство параметров оптимизации прямо или косвенно связано с экономичностью производства или экономичностью эксплуатации изделия.

.3 Факторы

Фактором называют независимую переменную величину, влияющую на параметр оптимизации. Каждый фактор имеет область определения - совокупность всех значений, которые может принимать фактор.

При исследовании процесса необходимо учитывать все существенные факторы. Если по каким-либо причинам влияние некоторых факторов невозможно учесть в эксперименте, то эти факторы должны быть стабилизированы на определенных уровнях в течение всего эксперимента. Уровнями называют значения факторов в эксперименте. Если число факторов велико, то необходимо отсеять те факторы, которые оказывают незначительное влияние на параметр оптимизации. Отсеивание несущественных факторов производят на основе априорного ранжирования или с помощью постановки отсеивающих экспериментов.

Факторы должны быть: 1) управляемыми, т.е. позволяющими экспериментатору устанавливать их требуемые значения и поддерживать постоянными эти значения в течение эксперимента; 2) непосредственно воздействующими на объект исследования, так как трудно управлять фактором, который является функцией других факторов; 3) совместимыми, т.е. все комбинации уровней факторов должны быть осуществимы и безопасны; 4) независимыми, т.е. позволяющими экспериментатору устанавливать требуемые уровни любого фактора независимо от уровней других факторов

1.4 Модель

Под математической моделью понимают вид функции отклика y = f (x1, x2, …, xk). Выбор модели зависит от задачи исследования и от предъявляемых требований к модели. Экстремальные задачи часто решают, используя шаговый метод. В этом случае модель должна удовлетворять требованиям этого метода. В основе шагового метода лежит предположение, что совокупность значений параметра оптимизации y, полученная при различных сочетаниях факторов xi, образует поверхность отклика. Для наглядности представления о поверхности отклика при наличии ymax рассмотрим простейший случай, при котором число факторов равно двум (x1 и x2). Для каждого фактора установлены два значения: максимальное и минимальное.

.5 Полный факторный эксперимент

К оптимизации приступают при наличии некоторых результатов предварительных исследований изучаемого объекта. Решение задачи оптимизации начинают с выбора области эксперимента. Выбор этой области производят на основе анализа априорной информации. В области эксперимента устанавливают основные уровни и интервалы варьирования факторов. Основным или нулевым уровнем фактора называют его значение, принятое за исходное в плане эксперимента. Основные уровни выбирают таким образом, чтобы их сочетание отвечало значению параметра оптимизации, по возможности более близкому к оптимальному.

Каждое сочетание уровней факторов является многомерной точкой в факторном пространстве. Сочетание основных уровней принимают за исходную точку для построения плана эксперимента. Построение плана эксперимента состоит в выборе экспериментальных точек, симметричных относительно исходной точки или, что одно и то же, центра плана.

Интервалом варьирования фактора называют число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному уровню дает верхний уровень фактора, а вычитание - нижний. Интервал варьирования не может быть выбран меньше той ошибки, с которой экспериментатор фиксирует уровень фактора, а также не может быть настолько большим, чтобы верхний или нижний уровни выходили за пределы области определения фактора. При этом необходимо учитывать, что увеличение интервалов варьирования затрудняет возможность линейной аппроксимации функции отклика.

Для удобства записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных уровни факторов кодируют. В кодированном виде верхний уровень обозначают +1, а нижний -1. Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называют полным факторным экспериментом. Если число уровней каждого фактора m, а число факторов k, то число N всех сочетаний уровней факторов, а следовательно, и число экспериментов определяется зависимостью: N = mk.

Цель первого этапа планирования экстремального эксперимента - получение линейной модели. Он предусматривает варьирование факторов на двух уровнях. Возможное количество сочетаний уровней факторов в этом случае равно 2k.

Факторный эксперимент осуществляют с помощью матрицы планирования, в которой используют кодированные значения факторов. Число строк в матрице равно количеству экспериментов. Значения функции отклика, полученные при выполнении экспериментов, обозначены через y1, y2 и y3.

Под числом степеней свободы в статистике понимают разность между числом опытов и количеством коэффициентов модели, вычисленных по результатам этих экспериментов независимо друг от друга. Число степеней свободы f при линейной модели определяется по зависимости:

f = N - (k+1),

где N - число экспериментов; k - число факторов.

Число степеней свободы может быть использовано для проверки адекватности модели. Величина и знак коэффициента указывают на вклад данного фактора в общий результат при переходе с верхнего на нижний уровень фактора.

Линейным называют эффект, характеризующий линейную зависимость параметра оптимизации от соответствующего фактора. Эффектом взаимодействия называют эффект, характеризующий совместное влияние нескольких факторов на параметр оптимизации. Полный факторный эксперимент позволяет количественно оценить линейные эффекты и все эффекты взаимодействия. Для полного факторного эксперимента типа 22 уравнение регрессии с учетом эффектов взаимодействия можно представить зависимостью:

y=b0 + b1x1 + b2x2 + b12x1x2.

Для этого эксперимента матрица планирования содержит столбец фиктивной переменной x0. Он вводится для оценки свободного члена b0. Столбец x1x2 получен перемножением столбцов x1 и x2. Он введен для расчета коэффициента b12. При k = 2 построение матриц полного факторного эксперимента не вызывает затруднений, так как все возможные сочетания уровней факторов легко найти простым перебором. При увеличении числа факторов количество возможных сочетаний уровней быстро возрастает, поэтому возникает необходимость в некоторых приемах построения матриц. Рассмотрим наиболее простой прием. Он основан на правиле чередования знаков. В первом столбце (x1) знаки чередуются поочередно, во втором они чередуются через 2, в третьем - через 4, в четвертом - через 8, в пятом - через 16 и т. д. по степеням двойки.

После реализации полного факторного эксперимента, нахождения коэффициентов регрессии и проверки полученной модели на адекватность, переходят к решению экстремальной задачи. В данной курсовой работе рассмотрим метод минимизации по правильному симплексу.

1.6 Симплекс-метод

Правильным симплексом в пространстве Еn называется множество из n+1 равноудаленных друг от друга точек (вершин симплекса). Отрезок, соединяющий две вершины, называется ребром симплекса.

В пространстве Е2 правильным симплексом является совокупность вершин равностороннего треугольника, а в Е3- правильного тетраэдра. Если х0- одна из вершин правильного симплекса в Еn, то координаты остальных nвершин х1,…, хn можно найти.

Вершину х0 симплекса называют базовой. В алгоритме симплексного метода используется следующее важное свойство правильного симплекса. По известному симплексу можно построить новый симплекс путем отражения какой-либо вершины.

Поиск точки минимума функции f(x) с помощью правильных симплексов производится следующим образом: на каждой итерации сравниваются значения функции в вершинах симплекса. Затем проводится описанная выше процедура отражения для той вершины, в которой f(x) принимает наибольшее значение. Если в отраженной вершине получается меньшее значение функции, то переходят к новому симплексу. Если же попытка отражения не приводит к уменьшению функции, то сокращают длину ребра симплекса. В качестве базовой выбирают ту вершину х0 старого симплекса, в которой функция принимает минимальное значение. Поиск точки минимума функции заканчивают, когда либо ребро симплекса, либо разность между значениями функции в вершинах симплекса становятся достаточно малыми.

Глава 2. Расчетная часть

.1 Исходные данные

Рассматриваются следующие закодированные биотропные факторы:

Таблица 2.1.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Биотропные факторы  | Значение -1 | Значение +1 |
| X1 | Частота вращения вала | 60 об/мин | 6000 об/мин |
| X2 | Натяжение нити | 1 Н | 2Н |
| X3 | Скорость подачи ткани | 200 стежка/мин | 500 стежка/мин |
| X4 | Прочность ткани | 140 кДЖ/моль | 190 кДЖ/моль |
| X5 | Растяжение между лапкой иглой | 4 мм | 5 мм |
| X6 | Прочность иглы | 8 кДЖ/моль | 26 кДЖ/моль |
| X7 | Мощность электродвигателя  | 500 Вт | 1000 Вт |
| X8 | Передаточное число | 10 об/мин | 100 об/мин |
| X9 | Отклонение изготовление челнока | 0,01 мм | 0,05мм |
| X10 | Отклонение изготовления вала  | 0,01 мм | 0,04мм |
| X11 | Сила трения челнока | 0,001 Н | 0,005 Н |

Дан полно факторный эксперимент ,состоящий из 8 опытов, y1, y2, y3 - дублирование данных опытов.

Таблица 2.1.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  № опыта фактор | Х0 | Х1 | Х2 | Х3 | Х1х2 | Х1х3 | Х2Х3 | Х1х2х3 | У1 | У2 | У3 | Ῡ ср |
| 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 4 | 2 | 1 | 2,3334 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 3 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 6 | 4 | 8 | 6 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 5 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 9 | 8 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 7 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 7 | 10 | 9 | 8,6667 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 3 | 4 | 5 | 2 |

.2 Расчёт коэффициентов уравнения регрессии и выделение значимых коэффициентов

Для определения коэффициентов уравнения регрессии и выделения значимых коэффициентов выполняем следующие расчёты (все расчёты здесь и далее выполнены в электронных таблицах "Microsoft Excel 2007").

) По формуле



рассчитываем среднее значение отклика, где n - количество дублирований опытов (n = 3)

) По формуле



вычисляем построчную дисперсию опытов.

) Вычисляем дисперсию воспроизводимости (общую дисперсию):

,

где N - число экспериментов (N = 8)

) Находим дисперсию коэффициентов уравнения регрессии по формуле:



И

) Ошибку эксперимента:



На основании полученных расчётов имеем следующие значения коэффициентов регрессии (табл. 2.2.1), по которым записываем уравнение регрессии:

=4,875-1,375х1 + 0,292х2 + 1,292х3 -0,792 х1х2- 0,792х1х3 - 0,125 х2х3 + 0,625 х1х2х3

Таблица 2.2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер строк | Х0 | Х1 | Х2 | Х3 | Х1х2 | Х1х3 | Х2Х3 | Х1х2х3 | У1 | У2 | У3 | Ῡср |
| 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 4 | 2 | 1 | 2,3334 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 3 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 6 | 4 | 8 | 6 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 5 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 9 | 8 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 7 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 7 | 10 | 9 | 8,6667 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| Значение B | B0 4,875 | B1 -1,375 | B2 0,292 | B3 1,292 | B4 -0,792 | B5 - 0,792 | B6 -0,125 | B7 0,625 |  |  |  |  |

s2y = 1

s2{bi}= 1,708333333

s{bi} = 0,071181

) Находим доверительный интервал Dbi по формуле:  где tt - табличное значение критерия (Коэффициент Стьюдента) при принятом уровне значимости α = 0,05 и числе степеней свободы f =n - 1=2 (табл. П1.1), с которым определялась дисперсия .



Δ bi = 1,14722624

Исключаем незначимые факторы и записываем новое уравнение регрессии с учётом только значимых факторов, удовлетворяющих условию,  т.е. факторов, попадающих в доверительный интервал:

 =4,88 - 1,38 х1- 1,29х3

.3 Проверка гипотезы адекватности найденной модели

Для проверки гипотезы адекватности найденной математической модели выполняем следующие расчеты:

) Находим остаточную дисперсию, или дисперсию адекватности, характеризующую рассеяние эмпирических значений y относительно расчетных , определенных по найденному уравнению регрессии (табл. 2.3.1). Дисперсию адекватности определяем по формуле:



где N-количество опытов, k - число факторов.

Таблица 2.3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  №опытов Фактор  | Х0 | Х1 | Х2 | Х3 | Ῡ j | Ȳ | (Ycp-Y')2 |
| 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 2,3334 | 4,875 | 6,46007 |
| 2 | 1 | 1 | -1 | -1 | 4 | 4,875 | 0,76563 |
| 3 | 1 | -1 | 1 | -1 | 6 | 4,875 | 1,26563 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | -1 | 2 | 4,875 | 8,26563 |
| 5 | 1 | -1 | -1 | 1 | 8 | 4,875 | 9,76563 |
| 6 | 1 | 1 | -1 | 1 | 4 | 4,875 | 0,76563 |
| 7 | 1 | -1 | 1 | 1 | 8,6667 | 4,875 | 14,3767 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4,875 | 0,76563 |
| 39 | 42,4306 |

) Производим проверку гипотезы адекватности модели по F-Критерию Фишера, для этого находим расчётное значение Fp:

 Fp=6,59946

Находим табличное значение F-критерия Фишера:

f1=k=3;

f2=N-k-1= 8-3-1=2

Табличное значение F-критерия Фишера в данном случае составляет (табл. П3.1): Fтабл=9,12 Fp<Fтабл, следовательно, найденная модель адекватна.

.4 Решение задачи оптимизации симплекс-методом

Будем оптимизировать по факторам х1 и х3., исходя из соображений, что они оказывают наибольшее влияние.

Выбираем факторы:

= -1(Частота вращения вала - 60 об/мин)

= -1 (Скорость подачи ткани -200 стежка/мин)

Тогда уравнение регрессии, принятое для оптимизации, имеет вид:

=4,88 - 1,38 х1- 1,29х3

Строим равносторонний треугольник, со стороной а=0,2, высота треугольника равна

=0,17 (см. рис.П4.1).

Находим координаты вершин треугольника и вычисляем значения в этих точках:

А (-0,2; -0,1) , В (0; 0,24) , С (0,2; -0,1)

=4,88 - 1,38·(- 0,2) - 1,29·(-0,1)= 5,3;

= 4,88 - 1,38· 0 - 1,29·(-0,24)= = 5,2;

= 4,88 - 1,38·(0,2) - 1,29·(-0,1)= 4,7;

D (-0,4; 0,24)

 = 4,88 - 1,38·(-0,4) - 1,29·(0,24)=5,1

F (-0,6; 0,56)

= 4,88 - 1,38·(-0,6) - 1,29·(0,56)=4,9

E (-0,2; 0,56)

= 4,88 - 1,38·(-0,2) - 1,29·(0,56)=4,4;

G (-0,4; 0.92)

= 4,88 - 1,38·(-0,4) - 1,29·(0,92)=4,2;

По исходным данным находим нулевой уровень и интервалы варьирования факторов (табл.2.4.1):

Таблица 2.4.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Биотропный фактор | Значение -1 | Значение +1 | "0" значение | Интервал варьирования ε |
|  | Частота вращения вала | 60 об/мин | 6000 об/мин | 3030 об/мин | 2970 |
|  | Скорость подачи ткани | 200 стежка/мин | 500 стежка/мин | 500 стежка/мин | 150 |

Находим значения биотропных факторов (табл.2.4.2) по формуле

,

где - значение биотропного фактора,  - нулевое значение биотропного фактора,  - интервал варьирования, ,- закодированный фактор.

Таблица 2.4.2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кодированный фактор | Биотропный фактор | Оптимальное значение |
|  | Частота ЭМ колебаний | 100,5 кГц |
|  | Напряженность ЭМ поля | 37 Тл |

Заключение

. По результатам выполнения работы определенные факторы

х4 = 155 кДЖ/моль прочность ткани (140 кДж/моль, 190 кДж/моль)

х5=4,95 мм расстояние между лапкой и иглой (4 мм - 5 мм)

При которых достигается минимальное значение % брака.

. При проведении расчетов использовалось следующее уравнение регрессии =4,88 - 1,38 х1- 1,29х3

. При помощи оптимизации симплекс-методом получили оптимальное значение при х4 = 155 (прочность ткани кДж\моль) и х5 = 4,95 (расстояние между лапкой и иглой), т.е. наибольший значимый операцией при работе с машиной является прочность ткани и растяжение между лапкой и иглой.

Список использованной литературы

1. Лисенков А.Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. - М.: "Медицина", 2009. - 343 с.

. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: "Наука", 2008. - 208 с.

. Васильев Ф.П. Численные методы решения экспериментальных задач - М.: "Наука",1980 г. - 338 с.

. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации - М.: "Наука",1986 г. - 476 с.

. Сеа Ж. Оптимизация. Теория и алгоритмы.- М.: "Мир", 2010 г. - 352 с.

. Резниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Ч. 1. - М. - Ижевск: Научно-издательский центр "Регулярная и хаотическая динамика", 2002. - 231 с.

. Абакумов М.В., Ашметов И.В., Ешкова Н.Б., Кошелев В.Б., Мухин С.И., Соснин Н.В., Тишкин В.Ф., Фаворский А.П., Хруменко А.Б. Методики математического моделирования сердечнососудистой системы // Математическое моделирование. - 2009. - Т. 12, №2. - С. 106-117.

Приложения

Приложение 1

Критические значения коэффициента Стьюдента (tp,ν-критерия) для различной доверительной вероятности p (%) и числа степеней свободы ν

Таблица 1



Приложение 2

Критические значения коэффициента Кохрена (G-критерия) при доверительной вероятности p = 95% и числе степеней свободы υ

Таблица 1



Приложение 3

Значения критерия Фишера (F-критерия) для уровня значимости q = 5%

ν1 - число степеней свободы большей дисперсии; ν2 - число степеней свободы меньшей дисперсии

Таблица 1

