

УДК 519.85

Ахмедова М.Р., Гусейнов Р.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Akhmedova M.R., Guseynov R. V.

THE USE OF OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF INFORMATION

***Аннотация.** В статье рассматриваются подходы к решению вопросов оптимизации в технике. Показана эффективность и целесообразность широкого применения научно-обоснованных методов оптимизации для анализа и обработки информации, в частности, для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов.*

Показано, что в качестве параметра оптимизации технологических процессов обработки металлов резанием могут быть приняты силы резания и уровень автоколебаний технологической системы. Отмечено, что стойкость инструмента как основной параметр оптимизации нежелательно использовать в оптимизационных задачах.

Приведены примеры использования методов оптимизации для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов, в частности, процессов обработки резьб метчиками.

***Ключевые слова:** методы оптимизации; математическая модель; метод планирования экспериментов; технологический процесс обработки металлов.*

***Abstract.** This paper deals with technique optimization problems. The efficiency and expediency of wide application of science-based optimization methods for the analysis and processing of information, in particular, for the research and optimization of various metal processing technological processes is shown*

It is shown that as the parameter of technological processes optimization of metal cutting can be taken the cutting forces and the level of self-oscillations of the technical system. Is noted that the tool life as the primary optimization parameter should not be used in optimization tasks.

Examples of optimization techniques using for investigation and optimization of various technological processes of metals processing, in particular, processing of threads by taps.

***Key words:** optimization methods; mathematical model; method of experiments planning; technological process of metals processing.*

Введение. В связи с широким распространением вычислительной техники методы оптимизации стали эффективно применять в самых различных областях человеческой деятельности, и в основном, в области проектирования и анализа функционирования систем, анализа и обработки информации.

В общем смысле теория оптимизации представляет собой совокупность математических методов, ориентированных на нахождение наилучшего результата из множества альтернатив.

При проектировании систем задача оптимизации сводится к выбору таких значений переменных, характеризующих размеры подсистем, составляющих систему и режимы их работы, которым соответствует наилучшее значение характеризующего показателя качества функционирования системы.

Наибольшее применение оптимизационные методы нашли в задачах инженерного анализа. В инженерной практике среди наиболее общих проблем, возникающих в процессе разработки математических моделей, можно выделить проблему определения параметров некоторой эмпирической модели на основе заданного множества экспериментальных данных. Такого рода задачи обработки информации или задачи регрессионного анализа путем несложных преобразований приводятся к виду оптимизационных задач, поскольку выбор значений параметров модели осуществляется в соответствии с критерием качества описания имеющихся данных с помощью этой модели.

Постановка задачи. Предположим, что некоторая переменная y зависит от некоторой совокупности независимых переменных x_i . Связь между ними зададим уравнением $y = f(x)$, причем вид функции f нам не известен. Чтобы найти соответствующие значения x_i , минимизирующих или максимизирующих значение параметра оптимизации y , необходимо провести серию экспериментов, в каждом из которых задается значение независимой переменной x и регистрируется значение зависимой переменной y .

Результатом серии из n экспериментов является множество пар чисел $(y_i, x_i, i=1, \dots, n)$. Затем на основе полученной информации подбирают вид функции f и делается попытка подобрать значения x_i в пределах своих границ изменения таким образом, чтобы обеспечить хорошую точность описания экспериментальных данных с помощью функции f .

Наиболее часто используемая на практике мера качества описания экспериментальных данных определяется методом наименьших квадратов.

Разность между экспериментальным значением y_i и теоретическим значением $y = f(x)$ показывает, насколько точно выбранная модель описывает имеющиеся данные.

Таким образом, задачу описания данных можно рассматривать как задачу оптимизации, в которой требуется найти значения параметров x_i , минимизирующих (максимизирующих) функцию y .

Отмеченные преимущества определяют высокую эффективность применения методов оптимизации в различных процессах обработки металлов, в частности, для оптимизации геометрических параметров режущего инструмента

и режимов резания. Это особенно актуально при разработке новых технологических процессов при обработке труднообрабатываемых материалов, характеризующихся низкой стойкостью режущего инструмента и качества обработанных поверхностей [1].

Наши исследования показали, что в качестве параметра оптимизации могут быть приняты следующие [2]: стойкость инструмента; силы резания; уровень автоколебаний технологической системы, включающей: станок–приспособление–инструмент–деталь (СПИД).

В качестве воздействующих факторов при этом могут рассматриваться физические и механические свойства обрабатываемых материалов и режущего инструмента; геометрические параметры инструмента; режимы резания [3] и др.

К примеру, при разработке технологической операции обработки режущим инструментом может быть представлена следующая задача оптимизации: при известных материалах инструмента и заготовки найти такие значения геометрических параметров инструмента и элементов режима резания (скорость $-v$, подача $-s$), при которых достигается наибольшее значение стойкости инструмента.

Следует иметь в виду, что стойкость инструмента должна быть одинаковой при срезании толстой и тонкой стружки, при обработке твердого и мягкого материала, при обработке смазочно-охлаждающей жидкостью или без нее. В расчетах по определению режима резания она является величиной известной или заданной, и задача сводится к вычислению такой скорости резания, при которой инструмент получил заданную стойкость.

Решая подобную задачу, необходимо знать степень влияния на скорость резания всех факторов, отражающихся на стойкости инструмента. К числу этих факторов, прежде всего, относятся физические и механические свойства обрабатываемого материала, толщины и ширины среза, геометрия инструмента и условия его работы.

Таким образом, стойкость инструмента, как основной параметр оптимизации, нежелательно использовать в оптимизационных задачах. Тогда задача оптимизации может быть сформулирована другим образом: найти такие значения элементов геометрии инструмента (при постоянных v и s), при которых достигается наименьшее значение сил резания или наименьшее значение уровня вибраций системы СПИД.

Методы исследования. На практике задачи оптимизации решаются с использованием полиномиальных моделей. Основная идея заключается в использовании аппроксимирующего полинома для описания модели.

Необходимыми условиями эффективной реализации такого подхода является унимодальность и непрерывность исследуемой зависимости.

Согласно теореме Вейерштрассе об аппроксимации, если функция непрерывна в некотором интервале, то ее с любой степенью точности можно аппроксимировать полиномом более высокого порядка. Следовательно, если функция унимодальна, и найден полином, который достаточно точно ее аппроксимирует,

то координату точки оптимума функции можно оценить путем вычисления координаты точки оптимума полинома.

Качество оценок координаты точки оптимума, полученных с помощью аппроксимирующего полинома можно повысить или использованием полинома более высокого порядка или уменьшением интервала аппроксимации. Причем второй способ более предпочтителен, поскольку построение аппроксимирующего полинома третьей и выше степени довольно сложно.

Уменьшение интервала в условиях, когда выполняется предположение об унимодальности функции, особой сложности не представляет. Все это касается функции одной переменной. В инженерных задачах часто мы имеем дело с функциями нескольких переменных.

Обсуждение результатов. Опыт показывает, что задачи оптимизации технологических процессов эффективно решаются на основе методов планирования многофакторных (многопеременных) экспериментов (ПФЭ).

По результатам эксперимента строят функцию отклика в виде уравнения регрессии

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1; j>i}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1; j>i; q>j}^k \beta_{ijk} x_i x_j x_q + \dots + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{iii} x_i^3 + \dots \quad (1)$$

где β – коэффициенты, являющиеся производными вида $\frac{\partial f}{\partial x_i}$; k – число факторов.

В этой модели (1) члены x_i, x_i^2, x_i^3 и коэффициенты при них называют главными эффектами, остальные – эффектами взаимодействий. Для нахождения коэффициентов уравнения регрессии используется метод наименьших квадратов.

Проведенный анализ показал, что в различных задачах исследования технологических процессов обработки металлов часто используется метод планирования многофакторных экспериментов по схеме 2^n , где 2 – число уровней варьирования факторов, n – число независимых переменных (факторов). Применение планов с $n > 2$ значительно повышает точность полученных результатов.

В качестве примера эффективного применения методов планирования экспериментов при решении оптимизационных задач обработки металлов можно привести результаты проведенных ранее исследований [4].

В [4] решали задачу оптимизации технологических процессов обработки резьб метчиками. В качестве параметра оптимизации принят крутящий момент $M_{кр}$ при обработке внутренних поверхностей в заготовках из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т. Исследовали влияние на величину $M_{кр}$ трех факторов (ϕ – угол заборного конуса; α – задний угол заточки; γ – передний угол). Для решения этой задачи использовали ПФЭ плана $4 \times 3 \times 3$. В итоге было достигнуто повышение стойкости инструмента более 45%, качества обработки и определе-

ны оптимальные значения факторов, соответствующих максимальной стойкости инструмента.

Вывод. Проведенное исследование свидетельствует о высокой эффективности и целесообразности более широкого применения научно-обоснованных методов оптимизации для анализа и обработки информации, в частности, для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов.

Библиографический список:

1. Гусейнов Р.В. Обработка резьб в заготовках из труднообрабатываемых материалов при вибрациях, возникающих в процессе резания / Гусейнов Р.В.// Научный альманах.-2014.- №1(1).-С.185-190.
2. Гусейнов Р.В. Исследование влияния геометрии инструмента на крутящий момент при нарезании внутренних поверхностей методом планирования экспериментов / Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – № 21. – 2011. – С.83–87.
3. Гусейнов Р.В. Обоснование базы данных для исследования динамических процессов при резании / Гусейнова М.Р., Гусейнов Р.В.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – № 4(35). – 2014. – С.36–44.
4. Гусейнов Р.В. Математическое моделирование процесса резания коррозионно-стойких сталей / Гусейнов Р.В.//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – № 4. – 2015. – С.65–70.

References:

1. Guseynov R. V. Processing threads in workpieces of difficult to machine materials when the vibrations arising in the cutting process. R. Huseynov, V. Scientific almanac. – 2014. – №1(1).- pp. 185–190.
2. Guseynov R. V. Study of the influence of tool geometry on torque when cutting internal surfaces by the method of planning of experiments. R. Huseynov, V., Rustamov M. R. Herald of Daghestan state technical University. Technical Sciences. - № 21.- 2011.- pp. 83-87.
3. Guseynov R. V. Rationale database for the study of dynamic processes during cutting. M. R. Huseynova, Huseynov R. V. Herald of Daghestan state technical University. Technical Sciences. - № 4(35).- 2014.- pp. 36-44.
4. Guseynov R. V. Mathematical modelling of process of cutting of corrosion-resistant steel. Huseynov R. V. Vestnik of Astrakhan state technical University. Series:Marine engineering and technology. - № 4.- 2015.- pp. 65-70.