

4. Применение ЭВМ желательно на всех этапах урока, но наиболее эффективно их использование перед окончанием занятия и на последних уроках рабочего дня. Это обусловлено снятием усталости, повышения работоспособности и концентрации внимания при переключении его на новый вид деятельности.

5. При работе с ЭВМ следует привносить игровой элемент, воспитывающий у учащихся настойчивость, целеустремленность, открывающий новые возможности для проявления фантазии при формулировке гипотез, повышающий умственную активность.

6. Внедрение ЭВМ в учебный процесс должно носить системно-функциональный характер, который предполагает установление фундаментальных идей, связывающих в единую систему структурные элементы каждой науки, и их преобразование в курсах предметов с обязательным учётом психолого-педагогических возможностей обучаемых на каждом этапе обучения.

Эффективность обучения с внедрением средств вычислительной техники зависит от того, как учащиеся будут распоряжаться сэкономленным благодаря компьютерам временем, ранее затрачиваемым на рутинные, раз за разом повторяющиеся операции. Теперь преподаватель может уделить больше внимания более важным вопросам при изучении материала, требующим напряжения мысли и творческого подхода. Так, обучаемые могут практиковаться в любое время, изменять темп работы и, усвоив одно, самостоятельно переходить к другому. Современные обучающие программные средства, выполненные на должном методическом уровне, обеспечивают учащихся необходимой им помощью и дополнительными разъяснениями, а также автоматически выводят их на тот уровень сложности, который соответствует их подготовке.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Филипенко Е.В.

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель

Планирование эксперимента является новым методом подхода к постановке и проведению исследования. Математический аппарат метода играет активную роль на всех этапах эксперимента. Планирование эксперимента как одного из прикладных разделов математической теории эксперимента получило широкое применение для решения широкого круга исследовательских задач: построения интерполяционных моделей, изучения кинетики и механизма явлений, оптимизации процессов и др.

Сущность методов математического планирования эксперимента состоит в том, что опыты проводятся по определенной схеме — матрице планирования, характеризующейся оптимальными свойствами. К этим свойствам относятся следующие: алгебраическая сумма элементов каждого вектор - столбца, за исключением столбца, соответствующего свободному члену, равна нулю; сумма произведений элементов двух произвольно взятых вектор - столбцов матрицы равна нулю (ортогональность); сумма квадратов элементов каждого вектор - столбца равна числу опытов.

Благодаря указанным свойствам, исследователь получает максимальную информацию об объекте при минимальном количестве опытов. Понятие «объект» имеет широкий смысл. Это может быть технологический процесс или агрегат, многокомпонентный сплав, формовочная или стержневая смесь и т.д. На объект оказывают действие многие факторы x_1, x_2, \dots, x_n . Факторами могут быть технологические параметры процесса или агрегата: температура заливки или выпуска металла из плавильного агрегата; содержание углерода, кремния, марганца и других элементов в сплаве; содержание глины, влаги, песков различных марок в формовочной смеси. При математическом планировании эксперимента значения факторов задаются исследователем в широких пределах.

Воздействие факторов на объект вызывает изменение его состояния, которое оценивается по изменению значений критерия или функции оптимизации: увеличению выхода годного литья; повышению механических свойств отливок; возрастанию физико-механических

свойств формовочной смеси и т. п. Следует иметь в виду, что критерий оптимизации должен характеризоваться статистической эффективностью, т.е. при данных условиях иметь возможно меньшую дисперсию и соответственно меньшую ошибку определения.

Цель планирования эксперимента может состоять в раздельном или одновременном решении задач двух типов. В первом случае исследователю необходимо решить задачу оптимизации, т. е. определить такие значения переменных факторов x_i , для которых величина критерия оптимизации y была бы максимальной (минимальной). При решении второго типа задач исследователя интересует математическое описание влияния каждого фактора на функцию оптимизации.

При двухфакторном эксперименте множество значений унимодальной функции оптимизации, которые она принимает в случае изменения значений переменных факторов, можно представить в виде поверхности некоторого „холма“ с одной сглаженной вершиной. Такую поверхность, соответствующую выходу изучаемого процесса, называют поверхностью отклика, а точку с максимальным значением одноэкстремальной функции — оптимумом. Обычно процесс оптимизации складывается из двух этапов. Первый этап состоит в достижении кратчайшим путем «почти стационарной области», т. е. участка поверхности на сглаженной вершине «холма», где крутизна относительно невелика. Второй этап предусматривает описание этого участка, т.е. поверхности отклика в «почти стационарной области».

Для большинства исследовательских и технологических задач достаточно ограничиться достижением «почти стационарной области».

Для планирования эксперимента в «почти стационарной области» наиболее эффективны методы полного и дробного факторного экспериментов. Одной из самых распространенных исследовательских задач как раз и является нахождение этой области. Для решения такой задачи весьма эффективно сочетание метода факторного планирования с движением по градиенту.

Следует иметь в виду, что составляющие градиента являются частными производными функции отклика. Так как исходный участок поверхности отклика при крутом восхождении аппроксимируется плоскостью, то частные производные уравнения этой плоскости равны коэффициентам регрессии при факторах. Следовательно, при движении по градиенту необходимо изменять факторы пропорционально значениям соответствующих коэффициентов регрессии. Знак и величина коэффициента показывают, в каком направлении и на сколько единиц варьирования необходимо изменить значение данного фактора по отношению к основному уровню. В установленном таким образом направлении выполняют серию шагов до получения максимального значения параметра оптимизации. Так как движение осуществляется по градиенту, то пройденный путь является кратчайшим к области оптимума.

В области полученного максимального значения функции отклика процедура крутого восхождения может быть повторена. При этом за основной уровень принимается максимальное значение функции, полученное на предыдущем этапе восхождения. Операция может продолжаться до тех пор, пока все коэффициенты регрессии линейной модели станут незначимыми. Незначимость коэффициентов b_i свидетельствует о выходе в область оптимума поверхности отклика.

Высокая эффективность и простота расчетного аппарата обусловили весьма широкое распространение рассматриваемого метода для решения многих исследовательских задач. Однако при использовании его следует строго оценивать достоверность получаемых результатов. Значения коэффициентов регрессии не должны быть соизмеримы с ошибкой их определения. Кроме того, необходимо оценивать адекватность (тождественность, соответствие) описания поверхности отклика за пределами области экстремума линейной моделью.

Если модельное уравнение регрессии существенно нелинейно или влияние эффектов взаимодействия соизмеримо с линейными эффектами, то метод крутого восхождения не применим. В этом случае необходимо использовать планирование второго порядка.

Для решения большинства исследовательских и технологических задач литейного производства, как отмечено ранее, достаточным является достижение «почти стационарной области» поверхности отклика. В тех случаях, когда исследователя интересует описание этой области, применяют планирование второго порядка. Целью такого описания может

быть локализация точки оптимума или определение типа поверхности отклика. Для решения задачи производится аппроксимация обычно полиномами второй степени. Это обусловлено тем, что по мере приближения к оптимуму все большую значимость приобретают эффекты второго порядка, так как отличие поверхности отклика от плоскости возрастает.

Реализация планов второго порядка требует большего объема опытов и расчетных работ. Конкретным результатом такого планирования является математическое описание «почти стационарной области» регрессионным уравнением. Дифференцируя уравнения по каждой переменной и приравнявая полученные выражения нулю, получаем систему уравнений. Решение этой системы дает координаты точки локализованного оптимума. Для описания «почти стационарной области» широкое применение нашло ортогональное и ротатабельное центрально-композиционное планирование.

До разработки и практического использования методов планирования эксперимента построение диаграмм «состав – свойство» было связано с необходимостью проведения огромного количества опытов и ограничивалось максимум трех-четырёхкомпонентными системами. Комплексное использование методов физико-химического анализа и теории планирования эксперимента позволило значительно снизить трудоемкость исследовательского труда при построении многокомпонентных диаграмм.

Планирование эксперимента при построении и исследовании диаграмм состав-свойство, являющихся сложным многокомпонентными системами (МКС), относится к числу наиболее сложных исследовательских задач.

Цель исследования многокомпонентных систем (формовочных и стержневых смесей, шихт и сплавов, противопожарных красок и т.п.) в большинстве случаев – построение зависимостей свойств системы от ее состава и технологического режима обработки или получения, оптимизация состава или технологического процесса по одному или нескольким критериям оптимизации.

В связи с тем, что составляющие многокомпонентных систем («смесевые факторы») не являются независимыми переменными, задача оптимизации может быть решена одним из двух применяемых в настоящее время методов.

В первом случае исходят из того, что независимо могут варьироваться лишь $q - 1$ составляющая МКС, а последняя q -я составляющая определяется как остаток от общей суммы. Это позволяет исключить из рассмотрения одну составляющую, а для оставшихся $q - 1$ независимых переменных МКС и $k - q$ режимных факторов применяют модельный полином соответствующего вида. Эффект влияния q -й составляющей распределяется между коэффициентами полинома.

Во втором случае, когда необходимо исследовать МКС в широком диапазоне изменения всех q переменных $k - q$ режимных факторов, используют модели с наложением ограничения: сумма относительного содержания составляющих МКС должна быть равна единице. Для оценки коэффициентов модельных полиномов строят оптимальные планы на области определения всех k переменных.

Планирование эксперимента при наличии количественных смесевых факторов позволяет установить количественные зависимости между пропорциями отдельных компонентов и свойствами смеси: поиск функциональных зависимостей состав-свойство или построение диаграмм состав-свойство. Целью использования этого метода также может служить нахождение координат точек, обеспечивающих оптимизацию исследуемых свойств.

В тех случаях, когда кроме чисто смесевых необходимо исследовать количественные несмесевые факторы, характеризующие ход процесса (температуру, давление, скорость охлаждения и др.), применяют факторные планы, сложные совмещенные планы, построенные с использованием планов на симплексе и факторных экспериментов типа 2^k .

Задачу планирования эксперимента для МКС с качественными факторами, являющимися основными, решают путем выделения перспективных комбинаций и отсева неприемлемых. Оптимизация, заключающаяся в нахождении оптимальных комбинаций при неполном переборе, осуществляется с помощью гипер-греко-латинских планов.

Если отдельные качественные факторы не относятся к основным, а лишь создают «шумовой фон», то целью исследования является не оценка, а устранение влияния таких факторов. Для этой цели используются латинские квадраты, кубы и параллелепипеды.