

УДК 621.79

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Чижов И.Г., Новиков Ф.В., докт. техн. наук, Гришкевич А.В.,
канд. техн. наук, Якушко С.И., канд. техн. наук
(г. Сумы, г. Харьков, Украина)

The methodic of choice of optimal technological decisions was brought.

Общепризнанным критерием оптимизации технологических процессов механической обработки является их себестоимость. В условиях рыночных отношений этот критерий является переменной величиной из-за непостоянства ценовой политики. В связи с этим возникает проблема сравнительной оценки и выбора рационального варианта технологического решения.

Ниже на основе системных физических представлений предлагается методика оптимизации любых процессов, в основе которых лежит энтропия.

Общеизвестно, что любой физический объект по истечению определенного промежутка времени переходит из состояния I в состояние II. Процесс такого изменения математически можно записать в виде формулы

$$\mathcal{Q} : O_I \rightarrow O_{II}, \quad (1)$$

где O_I и O_{II} - объекты в состояниях I и II;

\mathcal{Q} - некоторый оператор, который характеризует процесс перевода объекта из состояния I в состояние II.

С точки зрения кибернетики оператор \mathcal{Q} является моделью черного ящика, в котором существуют параметры входа и выхода с одновременным воздействием закономерно изменяющихся и случайных факторов. Кроме этого, такая модель содержит обратную связь в виде грубой, средней и тонкой настройки входных параметров по величине отклонения выходных параметров процесса.

В рассматриваемой методике принимаются следующие допущения:

1. Процессы, протекающие в модели черного ящика, носят волновой характер.
2. За один полупериод волны осуществляется прямой процесс перехода объекта из состояния I в состояние II.
3. Характер полуволны может изменяться по нормальному закону, если система, в которой осуществляется процесс, не обладает инерционностью (идеальный случай).
4. В реальных условиях любая система обладает инерционностью, т.е. прямому процессу (полуволне) всегда оказывается сопротивление.

5. Обратная полуволна подчиняется такому же закону, как и прямая.

Исследования показали, что при наличии инерционности системы центр распределения нормального закона смещается в сторону действия вектора инерционности. В связи с этим нормальное распределение вырождается в закон Релея. Аналогично процесс осуществляется и в противоположном направлении.

По существу, имеется два закона распределения, в которых вектора исчисления (уменьшение вероятности событий) направлены навстречу друг другу.

В самом общем случае возможны три варианта, где величины дисперсий имеют следующие значения: $\sigma_1 = \sigma_2$; $\sigma_1 > \sigma_2$; $\sigma_1 < \sigma_2$. Для оценки этого показателя предложено рассматривать в дальнейших расчетах отношение σ_1/σ_2 .

С учетом изложенного, величину энтропии любого процесса можно определить по формуле:

$$\mathcal{E} = (\sigma_1/\sigma_2) \lg (P_1/P_2) \quad (2)$$

где $\lg (P_1/P_2)$ - логарифм вероятностей одного и второго распределения в заданной системе координат.

Поскольку формула (2) построена на основе теории вероятности, то исследуемое событие находится в прошлом, т.е. вначале должны быть собраны статистические данные, а затем произведены соответствующие расчеты.

В реальных условиях зависимость (2) позволяет решать прямые проектные задачи, поскольку закон распределения известен. В этом случае можно рассматривать определенное количество вариантов с учетом значений σ_1/σ_2 .

Практическая проверка предлагаемой методики была произведена на целом ряде процессов, таких как информационные, финансово-экономические, технологические и т.д. В данной статье представлены результаты расчетов на примере отделочной обработки деталей машин. В частности рассматривался целый класс операций с вводом дополнительной энергии в зону обработки. С этой целью были выделены следующие виды энергий: механическая, тепловая, химическая, электрическая, магнитная. В свою очередь, каждый из перечисленных видов энергии разбивался на подвиды по характеру действия в зоне резания: статический, динамический, импульсный. Подвиды также разбивались по группам. Например, импульсное воздействие образовало три группы в зависимости от частоты пульсаций, включая и ультразвуковые частоты.

На основании иерархической дифференциации была построена структурная матрица в компактной форме, которая позволила осуществить перебор вариантов и выделить согласно экспертной оценке наиболее вероятные.

Предполагалось, что отделочная обработка включает три последовательных стадии. На первой осуществлялся интенсивный съем металла с возможностью исправления погрешности формы. На второй стадии повышалось качество поверхностного слоя. На третьей стадии производилось снижение шероховатости, т.е. она фактически соответствовала процессу полирования алмазными брусками.

На каждой рассмотренной выше стадии подводилась своя совокупность энергий в зону обработки. При интенсивном съеме металла: электроэрозионная, электрохимическая, радиальные колебания через упругий элемент. При повышении качества поверхностного слоя электроэрозионная исключалась. В этом случае для целей эксперимента вторая стадия разбивалась на три этапа.

На втором этапе электрохимические процессы сочетались с осевыми колебаниями брусков, а на третьем - использовались только радиальные колебания. Последняя стадия - полирования, осуществлялась по схеме классического суперфиниширования. За основной показатель принимался удельный съем металла ($\text{мм}^3/\text{мин}$). На первом этапе съем составил $143,6 \text{ мм}^3/\text{мин}$, на втором - $84,8 \text{ мм}^3/\text{мин}$, на третьем - $10,8 \text{ мм}^3/\text{мин}$.

Перечисленные показатели были преобразованы с учетом затрат удельной энергии на единицу объема снимаемого металла ($\text{Дж}/\text{мм}^3$). По оси абсцисс откладывались сочетания видов энергии, а по оси ординат - удельный съем и удельная энергия. В результате таких построений строились кривые распределения, которые проверялись по критериям Пирсона и Колмогорова. Расчеты величины энтропии производились по формуле (2).

Установлено, что величина энтропии изменяется по прямолинейному закону. Она показала, что чем больше удельный съем металла, тем ниже соответствующие затраты удельной энергии.

Таким образом, технологические процессы могут быть оценены величиной энтропии, которая служит мерой «непроизводительной» диссипации энергии. Аналогичное имеет место при выборе режимов резания, количества проходов, кинематических схем способов обработки, концентрации и дифференциации операций и т.д.

На наш взгляд, рассматриваемый критерий является универсальной мерой выбора любого технологического решения. Расчеты по формуле (2) показали, что величина этого показателя характеризуется тангенсом угла наклона. Избежать энтропийных процессов, согласно законам термодинамики, невозможно. Однако путем подбора соответствующих входных параметров системы всегда можно уменьшить рассматриваемый угол и за счет этого снизить величину энтропии.