

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОГРАНИЧИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕЧНЕЙ
МОДУЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ
И ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Б.М. БАЗРОВ

*ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация
В.Л. ГУРЕВИЧ*

*РУП Белорусский государственный институт метрологии,
г. Минск, Республика Беларусь*

Н.Н. ПОПОК

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

М.Л. ХЕЙФЕЦ

*ГНУ Институт прикладной физики Национальной академии наук
Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

С.А. ЧИЖИК

*ГНУ Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

Показано, как для создания ограничительных перечней на конструктивно-технологические элементы, их образующие поверхности и модули изделий, инструменты и средства для обработки и контроля, проводится статистический анализ использования элементов, исследуется частота и продолжительность использования комплектов инструментов, их формирующих и изучается необходимость в специальных инструментах и средствах для контроля параметров элементов.

Постоянно растущая на машиностроительных предприятиях номенклатура продукции, количество применяемых инструментов и получаемых при обработке поверхностей деталей делают процессы формирования ограничительных перечней, унификации инструментов и элементов деталей весьма трудоемкими. Поэтому задача определения рациональной выборки из генеральной совокупности конструктивно-технологических элементов, их образующих поверхностей и модулей, изделий и инструментов в условиях периодической переналадки производственного комплекса особенно актуальна.

В такой ситуации наиболее целесообразен путь постепенного формирования базы данных и периодической статистической обработки информации с целью получения ограничительных перечней. Процесс пересмотра информации может быть закончен, когда последующий получаемый ограничительный перечень совпадает с предыдущим. Процесс может быть существенно сокращен, если формирование и изменение базы данных осуществлять в соответствии с определенными приоритетами, такими как серийность производ-

ства, величина партий деталей, степень сложности изделий, периодичность, стабильность заказов и др.

Для статистической обработки информации необходимо рассматривать распределение по таким параметрам унификации, как частота встречи конструктивно-технологических элементов и продолжительность использования инструментов, которые зависят от основных факторов: размеров, степени точности, качества поверхности. При этом для наглядности строятся гистограммы распределения или полигоны частот определенных параметров в зависимости от технологических факторов.

При формировании ограничительных перечней рациональными для унификации являются позиции, в окрестностях которых распределения частот носят случайный характер, то есть вблизи которых не происходит наложение каких-либо закономерных особенностей конструктивного или технологического характера. Поэтому целесообразно при формировании ограничительного перечня проводить проверку соответствия распределений частот в окрестности принятого значения одному из законов распределения случайных величин.

В каждом случае имеется свой механизм возникновения суммарной погрешности, отклонения и, следовательно, свое соотношение между погрешностями различных видов. Поэтому обычно закон распределения в окрестности каждой позиции весьма индивидуален. Однако во многих случаях и особенно тогда, когда погрешности модели невелики, удается высказать соображения в пользу того или иного закона распределения, параметры которого определяются из опыта. Эти соображения связываются, прежде всего, с предельными теоремами теории вероятностей и рядом теорем, опирающихся на представления теории информации.

Среди большого числа предельных теорем важнейшей для теории ошибок является так называемая центральная предельная теорема или теорема Ляпунова, утверждающая, что сумма независимых случайных величин, таких, что удельный вес каждого отдельного слагаемого стремится к нулю при неограниченном увеличении числа слагаемых, в пределе распределена по нормальному закону. Предположение о распределении погрешностей определений или измерений по закону Лапласа является более осторожным, чем предположение о нормальном законе во всех случаях, когда точностные характеристики измерений неизвестны или нестабильны.

Судить о степени соответствия распределения случайных величин принятому закону позволяет соотношение Романовского:

$$Q = \frac{\chi^2 - f}{\sqrt{2f}},$$

где $\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(p_i - p_i^*)^2}{p_i^*}$ - критерий Пирсона,

p_i и p_{im}^* – частотная характеристика на i –ом интервале и пересчитанная для принятого закона распределения,

f – число степеней свободы, то есть число групп в изучаемом ряду рассчитанных статистических характеристик и используемых при вычислении теоретического распределения.

Для рассматриваемых законов распределения существует две характеристики: x_B и σ_B – математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение. Тогда число степеней свободы в $f = N - 2$, где N – число интервалов разбиения, рассматриваемого участка распределения случайных величин.

При отношении Романовского $Q \leq 3$ можно говорить о соответствии рассматриваемого участка принятому закону распределения. Статистическая обработка данных об объектах производства и их параметрах позволяет судить о степени достоверности описания в ограничительных перечнях тому многообразию случайных факторов, которые необходимо рассматривать при унификации. При достаточной репрезентативности выборки и соответствии предложенных для унификации позиций максимумам – модам в законах распределения случайных величин можно приступать к формированию ограничительных перечней, объектов производства и регламентов технологических процессов обработки деталей машин.

Обработанные статистические данные в виде гистограмм и полигонов частот по использованию материалов, деталей, конструктивно-технологических элементов, режущих и материальных инструментов, средств оснащения и оборудования позволяют формировать ограничительные перечни на объекты и создавать регламенты их использования в технологических процессах.

Прежде всего, полученная статистика использования конструкционных материалов позволяет объединить их в группы применимости по эксплуатационным свойствам и в группы обрабатываемости. Применяемость с учетом состояния поставки (отливки, поковки, сортамента и т.п.) позволяет рассмотреть возможности замены исключаемого материала другим из группы с аналогичными физико-механическими свойствами и сформировать ограничительный перечень. Группы обрабатываемости используются при назначении режимов механической обработки в технологических регламентах применения режущих инструментов.

Статистика использования деталей анализируется как с позиций стандартизации для составления ограничительных перечней на их типоразмеры и исполнения, так и с оценками возможностей перехода на модульные технологические процессы для формирования регламентов обработки отобранных конструктивно-технологических элементов деталей.

Процедуры формирования ограничительных перечней конструктивно-технологических элементов и инструментов для их получения и контроля, а также создания регламентов технологических и метрологических операций в наибольшей степени зависят от специфики конкретного производства. Для предприятия, выпускающего большую номенклатуру продукции, выполняющего работы для нескольких изделий и оказывающего широкий спектр

услуг по запросам заказчиков, рекомендуются различные методы формирования ограничительных перечней:

- при обширной информации об унифицируемых объектах (обычно для большой номенклатуры изделий) целесообразно анализировать все моды – локальные максимумы на кривых распределения или полигонах вероятностных характеристик. Изучение рассеяния параметров в окрестностях моды необходимо проводить в сопоставлении с законом распределения случайных величин Лапласа или нормальным законом распределения. При удовлетворительном соответствии, согласно соотношению Романовского, полученного распределения теоретическому, моду на изученном интервале можно принять в качестве позиции для ограничительного перечня, а все остальные позиции в ее окрестности по возможности убрать для того, чтобы пользоваться единой;

- в случае, когда при описании объектов имеются сведения о предпочтительных интервалах использования параметров (элементов и инструментов), эти интервалы на полигоне распределения или гистограмме разбиваются на участки размером меньше, чем другие. На каждом участке определяются моды распределения вероятностных характеристик, причем шаг разбиения участка для поиска абсолютного максимума также может быть уменьшен;

- когда отсутствует достаточная информация об унифицируемых объектах (выпускаемых по специальным заказам в кастомизированном производстве и т.п.), рационально использовать наиболее простой метод разбиения статистического распределения параметров на равные интервалы гистограммы в соответствии с числом позиций, которые целесообразно оставить после унификации. Последующий поиск абсолютных максимумов распределения на всех интервалах разбиения позволяет предложить позиции для начального варианта ограничительного перечня.

Выбор ограниченного числа позиций для унификации и последующей регламентации может производиться в определенной последовательности по частоте применения (например: конструктивно-технологических элементов, их размеров и т.п.) или продолжительности использования (например: режущих и мерительных инструментов, средств оснащения и др.). Наивысшим приоритетом обладают наиболее часто встречающиеся объекты производства, а также объекты, длительность использования которых в производственных процессах максимальна. В первую очередь сокращается номенклатура объектов и устраняются процессы, редко используемые в производстве и которым может быть достаточно эффективно предоставлена замена.

Таким образом, для создания ограничительных перечней на конструктивно-технологические элементы, их образующие поверхности и модули изделий, инструменты и средства для обработки и контроля в первую очередь проводится статистический анализ использования элементов в изделиях. Затем исследуется частота и продолжительность использования комплектов инструментов, их формирующих и, наконец, изучается необходимость в специальных инструментах и средствах для контроля параметров элементов.