

УПРАВЛЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИХ ОБРАБОТКЕ

Белорусская государственная политехническая академия

Минск, Беларусь

Технико-сельскохозяйственная академия

Быдгощ, Польша

Нормальные распределения обычно в практике встречается редко, т.к. невозможно точно обеспечить равномерное влияние всех факторов на исследуемый параметр. Особенно можно это заметить в технологии машиностроения. Причины различные. Во-первых, потому что на практике несовершенны условия образования теоретической модели погрешности, а во-вторых, особенно в машиностроении, существуют такие организационные факторы, которые значительно деформируют эту модель, даже если она была бы технически реализуемой.

Здесь представлены результаты эксперимента, проведенного З. А. Домбэком на машиностроительном заводе (Wytwornia Sprzętu Komunikacyjnego) в г. Вроцлав в Польше, рассмотрены вопросы управления распределения вероятности и возможности исследования этого метода в технологии машиностроения.

Управляемым распределением является такое эмпирическое распределение, которое образуется в результате сознательной деятельности исполнителя, знающего желательный характер и форму распределения. Вообще говоря, речь идет о формировании и управлении видом функции плотности распределения путем влияния соответственной организационной системы в производстве, направленной на получение определенного результата.

При исполнении серийно какого-то геометрического размера в технологии машиностроения в большинстве случаев получается распределение вида, представленного на рис. 1.

По своей форме кривая напоминает нормальное распределение, но она асимметрична относительно моды на некоторую величину ϵ . Эта асимметрия имеет место всегда, а ее направление зависит от того, вал это или отверстие. Согласно принципу образования допуска вглубь материала, допуски валов и других наружных размеров направлены «в минус», а отверстия и внутренние размеры – «в плюс» от т.н. нулевой линии, которая соответствует номинальному размеру. В исполнительных размерах перемещение моды направлено к нулевой линии. Это значит, что оно противоположное для размеров вида «вал» и «отверстие».

Допустим, что исполнение какого-то размера ведет, по теоретическим условиям, к нормальному распределению с модой, медианой и математическим ожиданием в середине интервала допуска. В момент, когда в это абстрактное событие вмешивается человек с его субъективным подходом к исполняемой работе, — условия уже изменяются и также изменяется результат. У исполнителя нет никакого интереса, чтобы исполнять этот размер в середине интервала допуска. Боясь по причине непредусмотренных обстоятельств сделать неисправимый брак, все свои действия он направляет на избежание этого события. Эта естественная подстраховка исполнителя ведет сознательно к асимметрии распределения. Можно сказать, что здесь мы уже встречаемся с сознательной деятельностью, т.е. управляемым распределением.

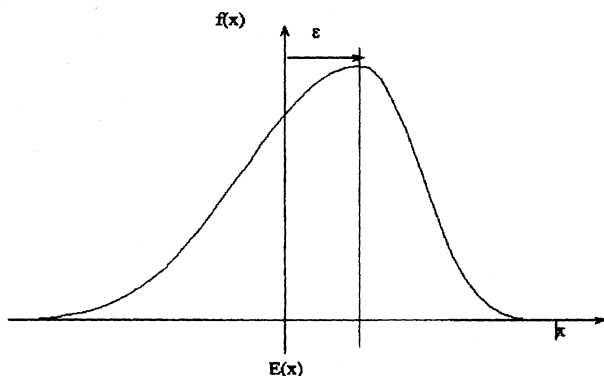


Рис. 1. Типичное распределение вероятности наружного размера.

Может быть еще одна причина. Если уменьшение размера требует увеличения затрат времени, то у рабочего нет никакого интереса, чтобы добиваться этого, потому что за дополнительное время ему не платят. Такое управление распределением, отвечающее интересу рабочего, не всегда отвечает интересу предприятия.

Возможность получения симметричного распределения очень важна, например, во всех вопросах селективной сборки.

Селективная сборка, как известно, применяется везде там, где обычные, т.е. экономические, методы обработки не позволяют получить требуемую точность исполнения размера. Тогда экономический допуск делится на несколько субинтервалов (одинаковых для обеих деталей), называемых селективными группами. После обработки изготовленные детали классифицируют и обозначают их раз-

ными цветами или помещают в отдельных контейнерах. При сборке выбирают для соединения детали из соответствующих групп. Здесь управление по интересу рабочего ведет к отрицательным результатам. Тогда получаем, в соответствии с рис.2, два распределения с противоположной асимметрией. Вследствие этого возникает избыток деталей типа «отверстие» в группах I и II, а также избыток деталей типа «вал» в группах III и IV. На практике эти избытки достигают 60–70% числа собираемых деталей.

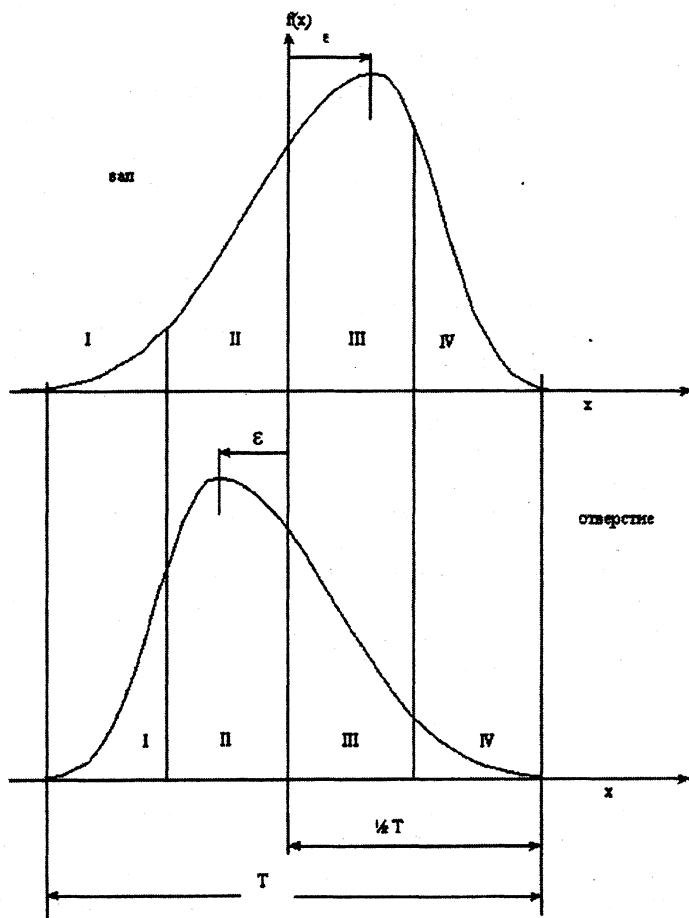


Рис.2. Асимметрия распределений при селективной сборке.

Такая асимметрия – это серьезная проблема для технологов и организаторов производства. По этой проблеме написано также много различных научных работ (напр., [3]) и статей. В большинстве случаев авторы принимают асимметрию неизбежной, а потом думают, что с этим сделать. По мнению авторов, основываясь на проведенных З. А. Домбэком работах, следует предположить, что проблема исчезнет, если не допустить асимметрии. При этом надо применить такую организационную систему на предприятии, которая будет эффективно управлять эмпирическими распределениями, чтобы довести к требуемым распределениям, отвечающим интересу предприятия.

Следует отметить, что с рабочим нужно сотрудничать так, чтобы у него и у предприятия был общий интерес. Как известно, в большинстве систем заработная плата зависит от значения допуска, но она не зависит от того, в какой зоне интервала допуска будет находиться существенное значение размера. Интерес рабочего состоит в том, чтобы не сделать неисправимого брака, во-первых, потому что за это потерянное время ему не платят, а во – вторых, потому что неисправимые браки – это производственные затраты, и его не премируют за качество.

Кажется, что единственным путем, который позволяет достичь успеха, является система материальных стимулов, которая может вызвать интерес обеих сторон, потому что все можно рассчитать и определить, кто и насколько будет этим заинтересован. В принципе, рабочий должен заработать больше при управлении распределением размеров обрабатываемых деталей. Чтобы вообще вызвать у него интерес новыми условиями, необходимо оплатить его дополнительные действия.

Здесь можно предложить решения, предложенные З.А. Домбэком на упомянутом заводе. Заработная плата стала включать два слагаемых:

- основную заработную плату, определенную по существующим правилам, (плата за исполнение детали согласно допуску),
- премию за распределение размеров в требуемых соотношениях.

Премия за распределение может, например, заключаться в том, что интервал допуска делится на несколько субинтервалов, соответственно селективным группам, и премируется отдельно каждая группа. Размер премии вычисляют по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n a_i J_i S_i t, \quad (1)$$

где n – число селективных групп (число субинтервалов), a_i – премиальный коэффициент, J_i – число исполненных деталей в данной группе, S_i – тарифная ставка.

Премиальные коэффициенты должны быть определены отдельно для разных деталей и допусков, учитывая требования производства. В случае селективной сборки значения коэффициентов должны быть расположены симметрично относительно центрального значения и возрастать по направлению к центру, напр., как на рис. 3.

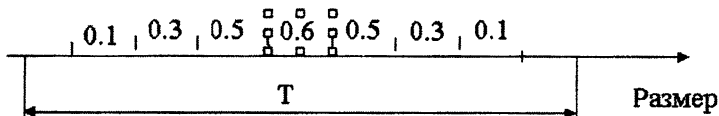


Рис.3. Премияльные симметрические коэффициенты.

Управление распределением можно применять не только в селективной сборке. Имея в виду факт, что неисправимый брак влечет затраты и нормальных (обычных) стимулов (нет платы) для рабочего не хватает, можно по интересу предприятия, премировать асимметрию такими например, коэффициентами (рис. 4), предупреждая таким образом вероятность появления неисправимого брака.

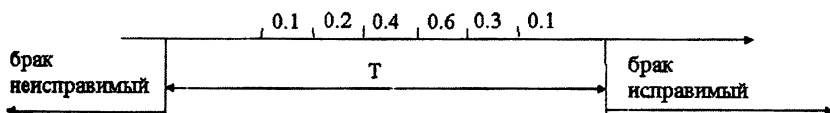


Рис.4. Премияльные асимметрические коэффициенты.

Можно применить другой вариант, состоящий в том, что премия за распределение не будет определена коэффициентами расположения, а только частными: $\frac{e_0}{e_1}$, где e_0 будет определять в общем случае желаемую асимметрию (в селективной сборке может быть нулевой), а e_1 — исполненную в данной серии.

У этого метода есть недостаток: он не учитывает сосредоточения распределения вокруг значения моды, и поэтому в рамках той же асимметрии мы можем получить различные распределения.

В ходе исследования в области управляемых распределений был проведен такой эксперимент.

На упомянутом заводе изготавливали деталь, представленную на рис. 5, которая подвергалась затем селективной сборке, и во время монтажа имели место недостатки, упоминаемые ранее. Возникли серьезные проблемы, так как на складе рос запас лишних деталей, которые невозможно было собрать.

Размер $33^{+0.040}_{-0.002}$ обеспечивался на фрезерном станке и после обработки измерялся. Если очередные размеры после обработки показывали убывание или возрастающие значения размера, фрезеровщик поднимал или слегка опускал стол станка, кон-

тролируя это датчиком. Таким простым образом он стремился попасть в центр интервала допуска. Результаты этого эксперимента были весьма интересны. На рис. 6. показана гистограмма случайной выборки 150 шт. этих деталей, обработанных обычным способом перед экспериментом.

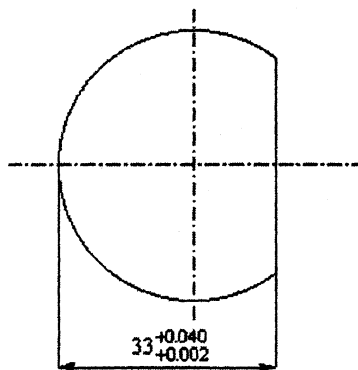


Рис. 5. Обработка детали.

Кол. шт.

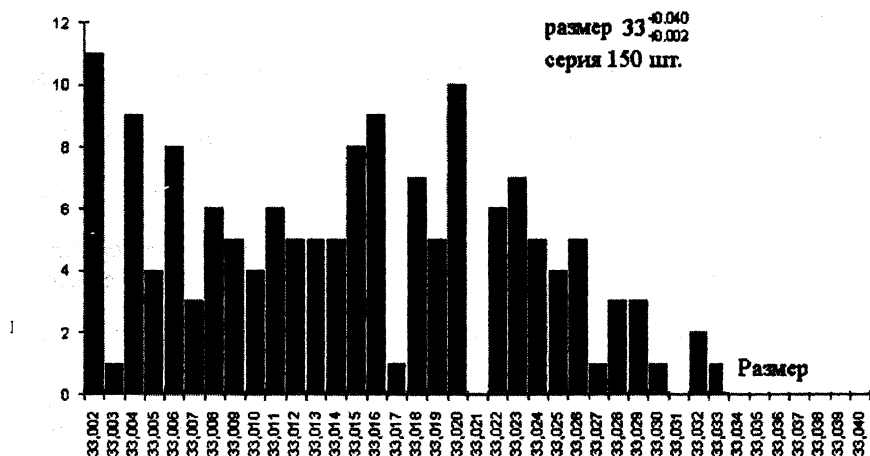


Рис. 6. Гистограмма случайной выборки элементов, полученная в реальных условиях машиностроительного завода.

В результате проведенного эксперимента была получена гистограмма, изображенная на рис. 7.

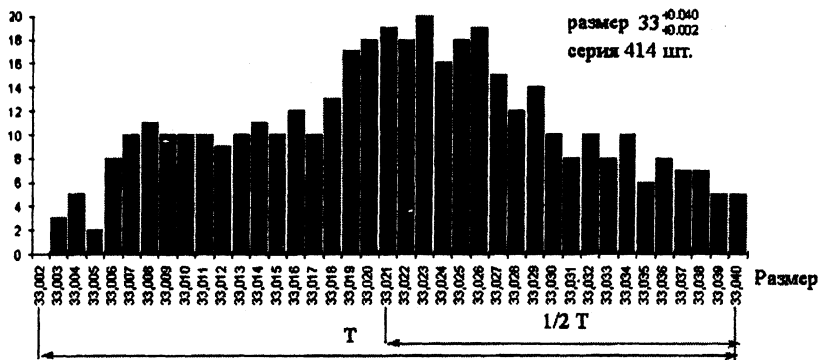


Рис. 7. Гистограмма случайной выборки элементов, полученная после эксперимента.

Сравнивая друг с другом эти гистограммы, следует заметить, что разница между ними большая. Размер чуть нетипичный, так как это наружный размер с положительными отклонениями, но это было обосновано специальными причинами. В итоге такого сравнения можно сказать, что гистограмма на рис. 6. изображает распределение, которое не подчиняется никаким правилам. Гистограмма, показанная на рис. 7, если не идеально симметричная, то можно надеяться, что нехватка изделий в отдельных группах одной серии будут заполнены в следующих сериях.

Выводы:

1. В технологических процессах, в которых исполняют размеры деталей машин, очень трудно сохранить такие условия, которые бы способствовали образованию нормального распределения вероятностей, как математической модели. Во-первых, невозможно говорить о бесконечном числе причин влияющих на значение размера, а во-вторых, невозможно создать такие условия, в которых влияние отдельных факторов на разброс размеров было бы одинаковым. Отсюда образование нормального распределения в машиностроительных процессах обработки даже теоретически труднодостижимо.

2. Самым важным фактором, деформирующим «натуральное» нормальное распределение, является подход рабочего к исполнению размера. Здесь нужно выделить его естественное страховочное действие перед возможным появлением неисправимого брака, а также стремление завершить обработку, если по-

лученный размер попадает в зону допуска. Это особенно касается обработки, в которой съем материала является функцией времени, потому что за это время ему не платят.

3. Чтобы получить распределение, близкое к нормальному, надо искусственным способом создать такие условия, чтобы вызвать интерес у рабочего к распределению, отвечающему интересу предприятия. Таким стимулом может явиться оплата труда. Разработана система зарплаты и премиальных добавок, которая позволяет управлять распределением, что подтверждают представленные выше результаты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Brandt S. Metody statystyczne i obliczeniowe analizy danych. – Warszawa PWN: 1974. С. 66. 2. Dąbek Z. Rozkłady kontrolowane.// Przegląd Organizacji.1969. №10. С.407–413. 3. Катковник Б.Я., Савченко А.И. Основы теории селективной сборки. – Ленинград: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1980.

УДК.621.941.01-529

И. А. Каштальян

ТОЧНОСТЬ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ НА ТОКАРНЫХ ГПМ ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

*Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь*

Основной тенденцией автоматизации современного машиностроительного производства является применение металлорежущих станков и станочных комплексов с числовым программным управлением, в том числе гибких производственных модулей (ГПМ). Относительная доля ГПМ в станочном парке предприятий машиностроения постоянно возрастает, и в этой связи все более актуальными становятся вопросы их эффективной эксплуатации.

Эффективность использования ГПМ на производстве в значительной степени зависит от функциональных возможностей устройства числового программного управления (УЧПУ). В современных микропроцессорных УЧПУ программное обеспечение строится по блочно-модульному принципу с максимальной независимостью модулей и делится на два вида: системное и технологическое. Основными элементами технологического программного обеспечения являются типовые цик-