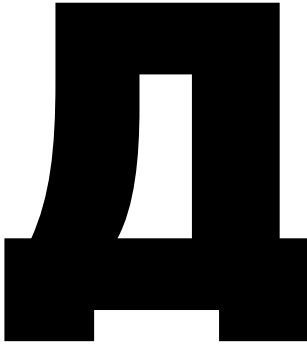


## Обеспечение надежности процессов изготовления изделий

Говорится об условиях устойчивости и управляемости технологического процесса производства сложных изделий, влияющих на качество изготавливаемых изделий, о необходимости статистической подконтрольности процессов



### Б.В. Бойцов

заведующий кафедрой Московского авиационного института (МАИ), первый вице-президент Академии проблем качества (АПК), Москва, д-р техн. наук, профессор

### Ю.Ю. Комаров

профессор МАИ, академик АПК, Москва, kaf104@mail.ru, канд. техн. наук

Для определения управляемости технологического процесса необходимо провести статистический анализ признаков качества изготавливаемых изделий. При хорошо спланированном и правильно осуществляемом процессе изменения признаков незначительны, что свидетельствует о его статистической подконтрольности.

Если заданы границы допуска для признаков качества, то можно рассчитать степень устойчивости процесса. Неудовлетворительная устойчивость имеет место в двух случаях: при очень большом рассеивании процесса по сравнению с допуском и если среднее значение исследуемого параметра процесса значительно отклонилось от середины допуска.

Чтобы продемонстрировать уровень устойчивости технологического процесса производства изделий типа «лемниската» [1], из базы данных были взяты выборки, связанные с получением образцов, у которых приведенный размер (толщина стенки капота) равен 6,0 мм, что соответствует реальному размеру изделия. Использование однородной продукции при статистическом анализе позволяет сравнивать не только рассеивание процесса, но и среднее процесса, которое в оптимальном случае должно совпадать с серединой допуска.

Изменение формы и положения распределения для нескольких партий экспериментальных образцов-фрагментов данного размера представлено на рис. 1. Очевидно, что первые четыре партии имеют приблизительно одинаковое распределение, затем идет смещение среднего процесса в сторону наибольшего предельного значения с одновременным увеличением рассеивания процесса. Последующее чередование качества процесса свиде-

тельствует о его нестабильности. Чтобы оценить степень влияния этой нестабильности, на рис. 2 представлено распределение рассеивания вместе с допуском на продукцию данного сортамента.

Расположение распределений свидетельствует о неудовлетворительном уровне настройки технологического процесса в первых четырех случаях при удовлетворительной степени рассеивания процесса. Перед изготовлением пятой партии была проведена настройка процесса, о чем свидетельствует близость середины распределения и середины допуска, но рассеивание процесса при этом увеличилось в несколько раз и стало слишком велико по сравнению с допуском.

Данные свидетельствуют о нестабильности процесса, которая связана с отработкой оптимальных технологических режимов, изменением оборудования и оснастки. Для подтверждения устойчивости процесса и возможности изготовления стабильной продукции заданного уровня качества был проведен ряд испытаний на одном и том же оборудовании и оснастке в течение определенного временного интервала.

Были исследованы девять партий образцов-фрагментов реального изделия, изготовленных как срединная регулярная часть лемнискаты с габаритными размерами 150×300×6 мм. Каждая партия состояла из 10 образцов. Значения среднего арифметического и среднего квадратического отклонения каждой партии внесены в табл. 1.

Анализ статистических данных свидетельствует о том, что, во-первых, среднее технологического процесса в большинстве случаев смещено в сторону наибольшего предельного значения, иногда до недопустимого зна-

### ключевые слова

технологический процесс, управляемость процесса, настройка процесса, рассеивание, выборка, допуск

Таблица 1  
Экспериментальные значения  $\bar{X}$  и  $\sigma$   
технологического процесса

Номер партии	$\bar{X}$ , мм	$\sigma$ , мм
1	6,72	0,11
2	6,78	0,12
3	6,89	0,17
4	6,94	0,28
5	6,68	0,18
6	6,90	0,18
7	6,71	0,12
8	7,02	0,19
9	6,87	0,25

чения. Данный фактор воздействует систематически, поскольку необходимо принять меры по его исправлению.

Во-вторых, исследование рассеивания процесса на первый взгляд носит хаотический характер. В связи с этим было рассмотрено изменение рассеивания процесса во время производства отдельных партий образцов-фрагментов. Выяснилось, что наибольшую степень влияния на величину рассеивания процесса оказывают данные начальных образцов. Особенно следует отметить нестабильность процесса при производстве первых образцов в партии. Среднее процесса в этот период может принимать значения от 6 до 7 мм при существующем поле допуска 6,0–6,5 мм. В таких случаях продукция однозначно не соответствует заданным требованиям и идет в отходы. Нестабильность процесса во время получения первого образца-фрагмента объясняется неравномерностью поля температур в образце или изделии, требует дополнительного изучения и технологического решения, вызывает необходимость тщательного контроля на начальном этапе отверждения. Состояние статистической управляемости достигается при получении последующих партий образцов или изделий. В случае исключения данных первой партии образцов-фрагментов мы имеем результаты, представленные в табл. 2. Результаты, демонстрирующие изменение состояния технологических про-

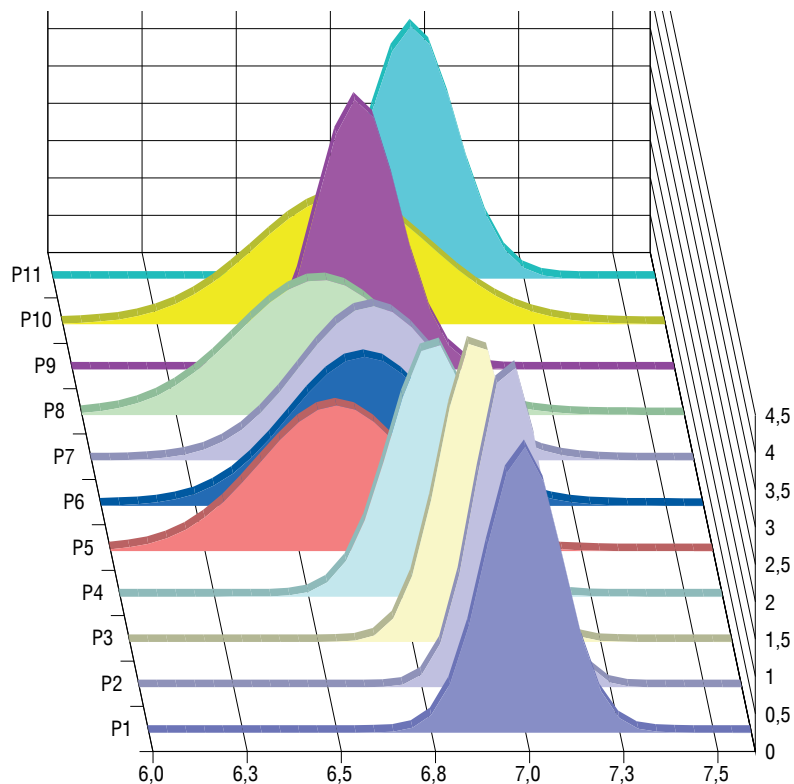


Рис. 1. Устойчивость производственного процесса

Таблица 2  
Экспериментальные значения  $\bar{X}$  и  $\sigma$   
технологического процесса

Номер партии	$\bar{X}$ , мм	$\sigma$ , мм
1	6,73	0,10
2	6,76	0,10
3	6,94	0,10
4	7,01	0,13
5	6,71	0,14
6	6,86	0,10
7	6,70	0,12
8	6,98	0,13
9	6,80	0,07

цессов и рассеивания, представлены на рис. 3, 4.

Определение точности технологического процесса производится по результатам расчета коэффициента точности технологического процесса:

$$K_T = \frac{6S}{\delta},$$