

В.И. МАЗАНОВА,
Е.Ю. ШАГИВАЛЕЕВА

**Анализ стабильности и точности
процесса закалки автомобильных
стекол**

УДК 658.56:666.1.038.1

ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г.Владимир

Выполнена оценка стабильности и точности процесса закалки стекла. Показано, что результаты анализа традиционными методами и с применением аксиоматического подхода не совпадают.

Традиционный анализ контроля стабильности и точности производственных процессов основан на предположении нормального закона распределения анализируемых показателей. Однако в большинстве случаев производственные процессы отличаются от нормального распределения. При игнорировании данного факта возможно получение недостоверных результатов анализа. Аксиоматический анализ контроля качества продукции [1] лишен недостатков традиционных методов.

Проверка стабильности и точности технологических режимов производства заключается в определении репрезентативности выборки относительно однородной невидимой генеральной совокупности. Репрезентативная выборка свидетельствует о том, что технологический процесс стабилен, а вырабатываемая продукция - качественная.

Применение методов статистического контроля процессов SPC (Statistical Process Control), разработанных Шухартом [3], показало, что выдерживание температурного режима закалки в камерах нагрева горизонтальной печи характеризуется стационарностью и высокой точностью. Коэффициент вариации температур относительно среднего уровня не превышает 4,3% [2]. Однако плотность вероятностей распределения температуры в контролируемых точках камер нагрева отличается от нормального закона распределе-

ния, на что указывают расчетные значения показателей асимметрии и эксцесса (таблица 1). Для нормального закона распределения эти характеристики должны равняться нулю [3].

Таблица 1

Статистические оценки температурного режима камер печи по показаниям информативных термопар

Камера	Термопара	Коэффициент вариации, %	Асимметрия	Эксцесс
1	Сводовая 2	3,8	-3,78	1,54
	Подовая 4	4,3	-4,66	5,0
2	Сводовая 15	1,8	-1,79	0,32
	Подовая 16	2,0	-1,85	-0,36
3	Сводовая 18	1,7	0,3	-0,44
	Подовая 20	2,5	3,8	1,69
4	Сводовая 30	1,8	-0,41	-0,37
	Подовая 32	2,9	2,96	0,32

Отличие распределения от нормального закона делает не корректным использование известных методик оценки точности и стабильности процессов, рассчитанных для нормального закона распределения анализируемых параметров [5]. Вместо традиционного метода статистического контроля в работе проводится оценка отлаженности технологического процесса с использованием метода аксиоматического анализа контроля качества [4]. Для проведения аксиоматического анализа стабильности и точности производственного процесса необходимо минимальное число измерений. Это существенно сокращает расходы времени на анализ, возрастает степень оперативности контроля, что важно для выработки корректирующих действий при управлении производством в режиме реального времени.

Анализ стабильности заключается в проверке выполнения условий трех принципов [1]:

1. принцип порядка;
2. принцип сходства;
3. принцип соответствия.

Принцип порядка выполняется, если выборка состоит из 50% (тип С) и более (тип D и E) сложных событий. Для этого эмпирическое значение репрезентативности (ЭЗР) должны быть распределены в пределах интервалов теоретического значения репрезентативности (ТЗР). Выполнение второго принципа необходимо для

меной								T ₃₂
Принцип порядка	+	+	+	+	+	+	+	+
Тип распределения	D	D	D	D	D	D	D	D
P	0,78	0,79	0,75	0,71	0,66	0,73	0,69	0,66
K _c	0,49	0,66	0,84	0,88	0,87	0,39	0,55	-0,18
Принцип сходства	-	+	+	+	+	-	+	-
Sk(T _k)	-	-1,75	-0,90	-1,01	0,06	-	-0,42	-
Принцип соответствия	-	+ тип D	+ тип D	+ тип D	+ тип D	-	+ тип D	-

Примечание: «+» – проверяемый принцип выполняется; «-» – проверяемый принцип не выполняется

Из таблицы видно, что принцип порядка выполняется для всех информативных температур. Принцип сходства не выполняется для сводовой температуры в камере 1 (T₂), подовой температуры в камере 3 (T₂₀) и подовой температуры в камере 4 (T₃₂). Принцип соответствия выполняется для остальных температур.

По результатам анализа можно сделать вывод о том, что температурный режим закалки стекла не стабильный. Неоднородность данных температурного режима закалки ограничивает возможность корректного использования традиционных методов контроля, что может привести к ошибочным выводам о стабильности процесса.

В то же время выдерживание температурного режима в камерах нагрева печи характеризуется высокой точностью, что подтверждено соответствующими результатами аксиоматического анализа размаха колебаний.

Технологический процесс прессования характеризуется циклом загрузки, количеством потоков, температурой прессования, измеряемой пирометром в каждом потоке, временем прессования, радиусом шаблона, замедлением валков, началом цикла левого и правого, интервалом 1 и 2 левым и правым, высотой подъема пуансона 1-го и 2-го, расходом воздуха на верхние и нижние обдувки, а также расстоянием между обдувками. Процесс быстрого охлаждения контролируется по давлению воздуха, подаваемого в обдувные решетки верхние и нижние.

Оценка отлаженности технологического процесса прессования с применением аксиоматического подхода к контролю точности и

стабильности режимов прессования выявила высокую вариабельность таких параметров прессования, как высота пуансона 1 (34,3%) и интервал левый 1 (26,3%). Данный факт объясняется перенастройкой пресса закалки на выработку стекол других типов. Остальные технологические параметры прессования имеют средний коэффициент вариации, не превышающий величины 6,9% [2].

Таблица 3

Статистические данные режима работы пресса печи закалки

Параметры	Коэффициент вариации, %	Асимметрия	Экссесс
Показания пирометра 1	1,79	2,7	1,8
Замедление валков	6,0	-2,2	2,2
Начало цикла, левый	0,61	4,3	8,1
Интервал левый 1	26,3	-0,1	-1,7
Интервал левый 2	6,3	-1,0	-2,33
Высота пуансона 1	34,3	-1,8	-1,4
Предварительное охлаждение, верх	2,9	-2,2	-1,4
Предварительное охлаждение, низ	6,9	0,17	-1,8

Результаты проверки стабильности процесса прессования представлены в таблице 4. Из таблицы видно, что принцип порядка выполняется лишь для четырех параметров из 9 исследованных.

Таблица 4

Результаты оценки стабильности режимных переменных процесса прессования

Результаты проверки	Режимные переменные пресса печи закалки								
	Скорость транспорта	Показания пирометра 1	Замедление валков	Начало цикла, левый	Интервал левый 1	Интервал левый 2	Высота пуансона 1	Предварительное охлаждение, верх	Предварительное охлаждение, низ
Принцип порядка	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Тип распределения	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	<i>D</i>	-	-	-	<i>D</i>	-

P	0,95	0,88	0,90	0,76	-	0,56	-	0,90	-
K_c	0,90	0,76	0,74	0,41	-	1	-0,45	0,96	-
Принцип сходства	+	+	+	-	-	-	-	+	-
Sk	4,27	-1,98	-3,33	-	-	0,29	-	-1,88	-
Принцип соответствия	+ тип D	+ тип D	+ тип D	-	-	- тип C	-	+ тип D	-

Примечание: «+» – проверяемый принцип выполняется; «-» – проверяемый принцип не выполняется

Условия трех принципов выполняются для скорость в печи, показания пирометра 1, замедление валков и предварительное охлаждение (верх). Анализируемая выборка режимов прессования является нерепрезентативной и, следовательно, неоднородной. Использование традиционного подхода к анализу режимов прессования (интервал левый 2 и предварительное охлаждение (низ)), привело к ложным выводам, определив режимы как стабильные. Нестабильность исследованных параметров может быть обусловлена плохой настройкой оборудования, периодической перенастройкой оборудования на выработку изделий разных типов, сменой операторов, ошибками при ручном ведении процесса и т.д.

По результатам анализа можно сделать вывод о том, что в целом процесс прессования стекла нестабильный. Использование традиционных методов контроля для анализа стабильности и точности процессов может привести к недостоверным результатам, что согласуется с ранее полученным выводам других авторов [1, 4, 5]. Неоднородность исследованных данных ограничивает возможность корректного использования традиционных методов контроля.

Литература

1. Швырков, В.В. Тайна традиционной статистики запада / В.В. Швырков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 144 с. – ISBN 5-279-019641.
2. Макаров Р.И. Управление качеством автомобильного стекла: монография / Р.И. Макаров [и др.]. – Владимир: издательство Владимирского государственного университета, 2009. – 280 с. – ISBN 5-279-01946-1.
3. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели: учеб. пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д. М. Дайитбегов, И.В. Орлова, В.А. Половников: под ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 391 с.
4. Макаров Р.И., Хорошева Е.Р. Оценка методов анализа точности и стабильности процессов. Анализ точности и стабильности процессов. Сравнитель-

ная оценка методов анализа. Сборник научных трудов. LAP Lambert Academic Publishing, 2013. -С13-18.

5. *Макаров Р.И.*, К вопросу контроля стабильности процессов. Анализ точности и стабильности процессов. Сравнительная оценка методов анализа. Сборник научных трудов. LAP Lambert Academic Publishing, 2013. -С3-8.

МАЗАНОВА В.И.

MAZANOVA_V@MAIL.RU

ШАГИВАЛЕЕВА Е.Ю.

13ELENA177@MAIL.RU