

О.В. ПОЛУНИНА

**Контроль качества в производстве
безопасного многослойного стекла**

УДК 62-50

Владимирский
государственный
университет имени
Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича
Столетовых,
г.Владимир

В статье рассматриваются показатели качества многослойного безопасного стекла. Проводится сравнительный анализ традиционного и аксиоматического анализа контроля качества при производстве безопасного многослойного стекла. Проведен аксиоматический анализа показателей качества многослойного стекла.

Laminated glass quality indicators are considered in the paper. The comparative analysis of the traditional and axiomatic analysis of quality control is carried out. Axiomatic the analysis of indicators of laminated glass quality is carried out.

Показатели качества, указанные в технических условиях на многослойные ветровые автомобильные стекла, определяют требования к напряжениям в зоне кромки шириной 20 мм. На производстве напряжения контролируются в 12-и точках вдоль кромки изделия (по периметру). Поверхностные напряжения сжатия должны соответствовать требованиям, указанным в технических условиях на изделие и иметь равномерное распределение вдоль кромки стекла (более 10 МПа). Напряжения растяжения не должны превышать заданной величины (менее 4 МПа). Качество процесса производства многослойного ветрового стекла для автомобилей оценивается по отклонению поверхности стекла от контрольного шаблона. Отклонение (провис) измеряется щупом в трех точках по ширине стекла (А, В, С). Допускаемые по техническим условиям отклонения стекла составляют от 4 до 8 мм [1].

Один из ключевых технологических процессов в производстве многослойного стекла – моллирование, который представляет собой критический процесс, определяющий геометрию и параметры готовых стекол, а также напряжения растяжения и сжатия. Этот процесс подлежит особому вниманию и контролю в производстве.

Традиционный контроль качества процесса основан на анализе контрольных карт, при помощи которых изучается стабильность процесса. Этот метод имеет ряд недостатков [2, 3]:

1. Возможное искажение результатов анализа из-за использования обобщающих показателей, которые сглаживают колеблемость процесса.

2. Необходимо располагать как минимум 15-ю выборками, что увеличивает расходы на проведение анализа.

Эти недостатки помогает преодолеть применение аксиоматического анализа контроля качества продукции.

Проведем контроль стабильности производственного процесса моллирования, применяя аксиоматический анализ данных производства многослойного стекла ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Контролируемыми параметрами являются:

1. поверхностные напряжения сжатия (x_1, \dots, x_{12});
2. поверхностные напряжения растяжения (x_{13}, \dots, x_{24});
3. отклонение поверхности стекла от опорной поверхности контрольного шаблона в средней точке (B) (x_{25}).

Каждая анализируемая выборка представлена пятью группами данных. Проверка репрезентативной однородности этих данных зависит от достоверности предпосылки: индивидуальные статистические данные равномерно распределены в пределах групп. Для анализа групповые данные представим в виде негрупповых. В целях упрощения расчетной процедуры размер выборки ограничен четырьмя измерениями. Эти значения (x_k) вычислены методом накопленных частот.

Предполагается, что отобранные 4 измерения репрезентативны 100 измеренным значениям провиса в точке B . Эта предпосылка непроверяемая. Но однородность расчетных значений 4-х измерений – проверяемая предпосылка.

Проверка стабильности производственного процесса проводится путем анализа условий трех принципов [2]:

1. принципа порядка;
2. принципа схождения;
3. принципа соответствия.

Проверка однородности выборки на принцип порядка выполняется в два этапа:

1. Абсолютные величины переводятся в относительные величины:

$$g = 1 - \frac{|x_k - \bar{x}_k|}{\max(|x_k - \bar{x}_k|)} \quad (1)$$

2. Относительные величины заменяют эмпирическими значениями репрезентативности (ЭЗР):

$$v = \frac{g}{\max(g)} \quad (2)$$

Принцип порядка выполняется, если выборки состоят из 50% (тип С) и более (типы D и E) сложных событий, для которых $v \geq \bar{v}$. Для этого ЭЗР должны быть распределены в пределах интервалов теоретического значения репрезентативности (ТЗР) (таблица 1).

Таблица 1

Интервалы ТЗР

Интервалы ТЗР (тип С)		Интервалы ТЗР (тип D)	
0	0	0	0
0	0-0,5	1	0,51-1
1	0,5-1	1	0,51-1
1	1	1	1

Выполнение принципа схождения крайне необходимо для установления схождения между распределениями ЭЗР и ТЗР.

Репрезентативное распределение ТЗР есть ожидаемое распределение, представленное в виде вероятностного распределения Бернулли. Вид этого распределения обусловлен условием $p = \bar{v}$. Это условие обязательное. Тогда $q = 1 - p$.

В зависимости от значения вероятности появления благоприятного события p распределение ТЗР бывает:

1. Симметричное, если $p = 0,5$. Коэффициент схождения (K_c), рассчитывается с применением коэффициента асимметрии:

$$K_c = 1 - \frac{|sk(v) - sk(y)|}{|sk(y)|}, \quad (3)$$

где $sk(v)$ – коэффициент асимметрии для ЭЗР, вычисляется по (4),

$sk(y)$ – коэффициент асимметрии для ТЗР - по (5).

$$sk(v) = \frac{\sum_{n=1}^4 (v - \bar{v})^3}{n \cdot S_v^3}, \quad (4)$$

где S_v – стандартное отклонение.

$$sk(y) = \frac{q - p}{\sqrt{qp}} \quad (5)$$

2. Асимметричное, если $p \neq 0,5$. Коэффициент сходства (K_c), рассчитывается с применением коэффициента эксцесса:

$$K_c = 1 - \frac{kr - kz}{kz}, \quad (6)$$

где kr – коэффициент эксцесса для ЭЗР, вычисляется по формуле (7),

$$kr = \frac{\sum_{n=1}^4 (v - \bar{v})^4}{n \cdot S_v^4} \quad (7)$$

kz – коэффициент эксцесса для ТЗР, вычисляется по – (8).

$$kz = 3 + \frac{1 - 6pq}{pq} \quad (8)$$

Принцип сходства выполняется, если $K_c \geq 0,5$ т.е. распределения эмпирических и теоретических значений репрезентативности не различаются.

Принцип соответствия формулируется так: переменные распределений ЭЗР и ТЗР соответствуют одному типу набора однородных выборок.

Для выполнения условия соответствия рассчитаем значение $sk(x_k)$:

$$sk(x_k) = \frac{\sum_{n=1}^4 (x_k - \bar{x}_k)^3}{n \cdot S_{x_k}^3} \quad (9)$$

Анализ на выполнение принципа соответствия основан на следующих условиях:

1. $sk(x_k) > 0$, если $P < 0,5$
2. $sk(x_k) = 0$, если $P = 0,5$
3. $sk(x_k) < 0$, если $P > 0,5$

Зная P и p можно определить вид репрезентативного вероятностного распределения ТЗР согласно таблице в [2].

Если переменные распределений ЭЗР и ТЗР характеризуются одним и тем же типом, следовательно, условие принципа соответствия выполняется. Условия трех принципов выполняются, следовательно, выборка репрезентативна.

Проверка стабильности технологического процесса моллирования стекла по параметрам поверхностного напряжения сжатия проводится по описанной выше методике. Результат проверки представлен в таблице 2. Из отобранных 4 измерений, полученных методом накопленных частот, по формулам (1) и (2) рассчитывается ЭЗР. По таблице 1 по значениям ЭЗР определяется тип сложного события.

Принцип порядка выполняется для всех выборок показателей (x_1, \dots, x_{12}) . Далее осуществляется проверка выполнения принципа схождения. В зависимости от вероятности появления благоприятного события p вычисляется коэффициент схождения (K_c) по формулам (3) (для $x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}$) или (6) (для x_1 и x_6). Из таблицы 2 видно, что принцип схождения не выполняется для x_1 .

Таблица 2

Репрезентативность выборок поверхностного напряжения сжатия

Показатель	ЭЗР (v)	ТЗР	Принцип порядка	p	K_c	Принцип схождения	$sk(x_k)$	Принцип соответствия
x_1	0,68 1 0,35 0	1 0 1 0	+ (Тип С)	0,51	0,36	-	-	-
x_2	0,17 1 0,83 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,84	+	0,3	- ($P < 0,5$ Тип D)
x_3	0 0,75 1 0,25	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,63	+	-0,3	- ($P > 0,5$ Тип D)
x_4	0 1 1 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	1	+	0	+ ($P = 0,5$ Тип С)
x_5	0,1 1 0,9 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,95	+	0,1	- ($P < 0,5$ Тип D)

X_6	0,24 1 0,8 0	0 1 1 0	+	0,51	0,96	+	0,5	+	($P < 0,5$ Тип С)
X_7	0 1 0,73 0,27	0 1 1 0	+	0,5	0,58	+	-0,5	-	($P > 0,5$ Тип D)
X_8	0,09 0,91 1 0	0 1 1 0	+	0,5	0,96	+	0,1	-	($P < 0,5$ Тип D)
X_9	0 1 0,93 0,07	0 1 1 0	+	0,5	0,98	+	0	+	($P = 0,5$ Тип С)
X_{10}	0 1 1 0	0 1 1 0	+	0,5	1	+	0	+	($P = 0,5$ Тип С)
X_{11}	0,05 0,95 1 0	0 1 1 0	+	0,5	0,99	+	0,1	-	($P < 0,5$ Тип D)
X_{12}	0,22 0,78 1 0	0 1 1 0	+	0,5	0,72	+	0,5	-	($P < 0,5$ Тип D)

Примечание: + принцип выполняется; - принцип не выполняется

Принцип соответствия выполняется для X_4 , X_6 , X_9 , X_{10} , переменные распределений ЭЗР и ТЗР которых, соответствуют одному типу наборов сложных событий (тип С).

В таблице 3 приведен результат проверки стабильности технологического процесса моллирования стекла по параметрам поверхностного напряжения растяжения и провису в средней точке (В). Из таблицы 3 видно, что все показатели выполняют условие порядка. Условие сходства ($K_c \geq 0,5$) выполняется только для показателей X_{13} , X_{14} , X_{15} , X_{19} , X_{20} , X_{21} , X_{22} , X_{23} , X_{25} .

Таблица 3

Репрезентативность выборок поверхностного напряжения растяжения и провиса в средней точке (В)

Показатель	ЭЗР (ν)	ТЗР	Принцип порядка	p	K_c	Принцип сходства	$sk(x_k)$	Принцип соответствия	
X_{13}	0 1 0,74 0,26	0 1 1 0	+	0,5	0,6	+	-0,4	-	($P > 0,5$ Тип D)
X_{14}	0,22 0,78 1 0	0 1 1 0	+	0,5	0,72	+	0,2	-	($P < 0,5$ Тип D)
X_{15}	0,14 0,86 1 0	0 1 1 0	+	0,5	0,89	+	0,2	-	($P < 0,5$ Тип D)
X_{16}	0 1 0,89 0,14	0 1 1 0	+	0,5 1	0,47	-	-	-	-
X_{17}	0 1 0,65 0,35	0 1 1 0	+	0,5	0,32	-	-	-	-
X_{18}	0,36 0,64	0 1	+	0,5	0,28	-	-	-	-

	1 0	1 0	(Тип С)					
X_{19}	0,04 0,96 1 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,99	+	0,1	- ($P < 0,5$ Тип D)
X_{20}	0 1 0,73 0,27	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,59	+	-0,5	- ($P > 0,5$ Тип D)
X_{21}	0,26 1 0,74 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,62	+	0,5	- ($P < 0,5$ Тип D)
X_{22}	0 1 0,95 0,05	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,99	+	-0,1	- ($P > 0,5$ Тип D)
X_{23}	0 1 0,87 0,13	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,91	+	-0,2	- ($P > 0,5$ Тип D)
X_{24}	0 1 0,5 0,5	0 1 1 1	+ (Тип D)	0,5	0	-	-	-
X_{25}	0,24 0,76 1 0	0 1 1 0	+ (Тип С)	0,5	0,68	+	0,5	- ($P < 0,5$ Тип D)

Примечание: + принцип выполняется; - принцип не выполняется

Принцип соответствия не выполняется для оставшихся выборок X_{13} , X_{14} , X_{15} , X_{19} , X_{20} , X_{21} , X_{22} , X_{23} , X_{25} . Переменные распределений ЭЗР и ТЗР не соответствуют одному типу наборов сложных событий.

Таким образом, условие принципа сходства для X_1 , X_{16} , X_{17} , X_{18} , X_{24} не выполняется ($K_c < 0,5$). Это говорит о том, что выборки по параметру поверхностного напряжения сжатия в точке 1 и по параметру поверхностного напряжения растяжения в точках 4, 5, 6, 12 не репрезентативны.

Условие принципа соответствия для X_2 , X_3 , X_5 , X_7 , X_8 , X_{11} , X_{12} , X_{13} , X_{14} , X_{15} , X_{19} , X_{20} , X_{21} , X_{22} , X_{23} , X_{25} не выполняется, т.к. переменные распределений ЭЗР и ТЗР соответствуют разным типам наборов сложных событий. Это говорит о том, что выборки по параметру поверхностного напряжения сжатия в точках 2,3,5,7,8,11,12; по параметру поверхностного напряжения растяжения в точках 1,2,3, 7, 8,9,10,11 и по провису в средней точке (В) не репрезентативны.

Таким образом, контролируемый технологический процесс моллирования стекла по параметрам поверхностного напряжения сжатия в точках 1,2,3,5,7,8,11,12; поверхностного напряжения растяжения в точках 1-12 по всему периметру заготовки стекла и провису в средней точке (В) – не стабилен.

Условия трех принципов выполняются для X_4 , X_6 , X_9 , X_{10} , следовательно, выборки репрезентативны: контролируемый технологиче-

ский процесс моллирования стекла по параметрам поверхностного напряжения сжатия в точках 4, 6, 9 и 10 можно признать стабильным.

Литература

1. Макаров, Р.И. Управление качеством автомобильного стекла: монография / Р.И. Макаров [и др.]; издательство Владимирского государственного университета. – Владимир, 2009. – 280 с. – ISBN 978–5–89368–965–5
2. Швырков, В.В. Тайна традиционной статистика Запада / В.В. Швырков.– М.: Финансы и статистика, 1998.–144 с., ил. – ISBN 5–279–01946–1
3. Макаров, Р.И. К вопросу контроля качества процессов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. 2011. №17. с. 10

E-MAIL: OLENKAN1@YANDEX.RU