

МЕТОД ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РЕШАЮЩЕГО ПРАВИЛА ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Долгов Алексей Юрьевич
Государственный университет им. Т. Г. Шевченко,
MD 3300, г. Тирасполь, Республика Молдова

dolgov@spsu.ru

Abstract. *It is developed the method of an estimation of quality control on small size samples for various solving rules taking into account economic losses from likelihood character of control – the factor of checkness, allowing to choose the best variant with reference to concrete circumstances.*

Ключевые слова: *оценка качества контроля, коэффициент контролепригодности.*

I. Введение

В предыдущей статье [1] мы предложили три решающих правила пооперационного контроля выборочного контроля при малых объемах выборки, которые существенно повышают точность прогнозирования брака на каждой отдельной пластине при производстве кристаллов микросхем, однако не была найдена объективная возможностей (качества) этих решающих правил. В данной статье ставится задача отыскания универсального способа оценки контролепригодности каждого метода и каждого решающего правила выборочного контроля.

II. Методика восстановления изображения сцены

До настоящего времени каждое решающее правило оценивалось по своим формулам прогнозируемого брака, поэтому эффективность решающих правил не имела объективного критерия для сравнения производственных потерь от вероятностного подхода к оценке качества продукции.

Для понимания сути сходства и различий действий решающих правил достаточно рассмотреть поведение соответствующих характеристик, вычисленных одним и тем же (наилучшим по точности) способом. Это могут быть кумулятивные характеристики, в основу которых положены фиксированные значения определяющих параметров (рисунок 1).

Особенностью кумулятивных характеристик является то, что по оси абсцисс отложены генеральные значения количества бракованных кристаллов на множестве пластин, а по оси ординат – доля принятых пластин из контролируемой партии. При этом может создаться впечатление, что наилучшим решающим правилом является «1», а наихудшим – «2». Однако это не так.

Чтобы полнее выявить скрытую картину внутренних взаимосвязей следует учесть, что определяющие параметры одного метода контроля сложным образом связаны с определяющими параметрами другого, а каждое решающее правило связано со своей величиной экономических потерь [2]. Последнее обстоятельство можно положить в основу оценки эффективности решающих правил.

На рисунке 2 представлена типичная картина плотности вероятности принятых и забракованных пластин, причем площадь перекрытия (экономические потери) пропорциональна ширине зоны неопределенности $q_m - q_o$ оперативной характеристики.

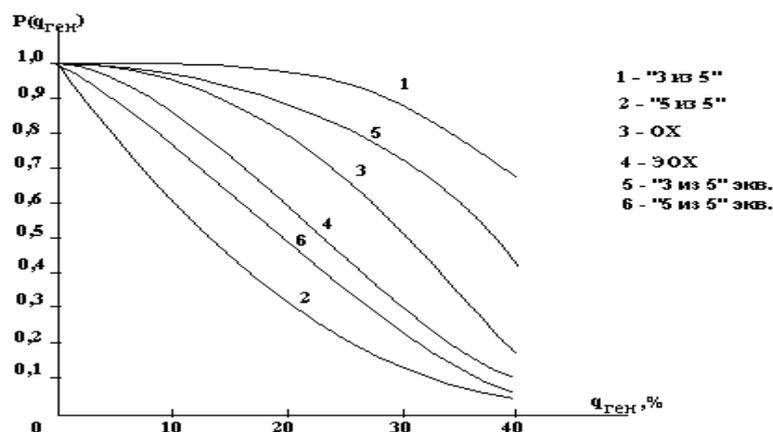
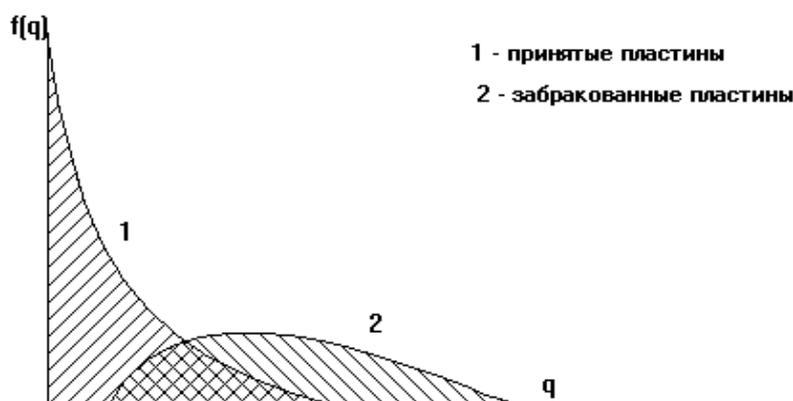
Рисунок 1 Кумулятивные характеристики решающих правил контроля при $AQL=10\%$ 

Рисунок 2 Плотность распределения пластин от величины прогнозируемого брака

Для объективной оценки экономических потерь (а, значит, эффективности контроля), связанных с использованием этого или иного решающего правила, следует использовать абсолютный и относительный критерии, свободные от связи с методом контроля. При абсолютном критерии оцениваются полученные статистическим методом количества принятых и забракованных пластин и сравниваются с нормативом контроля (таблица 1).

Таблица 1 Состояние принятых и забракованных пластин при $a=0,10$, $AQL=10\%$, $M_s=18,4\%$

Генеральный (истинный) брак кристаллов, $q_{ген}$, %	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40
Средн. арифм. выборочного брака кристаллов, \bar{q} , %	1,8	2,5	3,7	5,4	8,1	11,7	16,7	26,3	40,8
Принято пластин, %	99,7	99,5	98,8	97,2	93,8	89,0	67,0	31,0	18,0
Забраковано пластин, %	0,3	0,5	1,2	2,8	6,2	11,0	Ложно		
							33,0	69,0	82,0

Поскольку практически при любом решающем правиле контроля (кроме идеальной характеристики) существует ложная приемка и ложная браковка, то качество решающего правила можно оценить по минимуму потерь от ложной приемки и ложной браковки. С этой

целью введен коэффициент контролепригодности доли стоимости пластин, приходящиеся на них, в следующем виде

$$k = \frac{1 - \frac{P'_{\text{бpi}}}{P_{\text{нpi-1}}} - \frac{P'_{\text{нpi}}}{P_{\text{нpi}}}}{1 + \frac{\Delta C_{\text{фи+1}}}{C_{\text{Ti}}} \frac{P'_{\text{нpi}}}{P_{\text{нpi}}}}, \quad (1)$$

где $P'_{\text{бpi}}$ и $P'_{\text{нpi}}$ – вероятности ложной браковки и приемки; C_{Ti} – технологическая стоимость пластины; ΔC – приращение стоимости. Коэффициент может меняться от 1 (идеальное решающее правило) до 0 (полностью негодное решающее правило).

В таблице 2 представлены результаты машинного эксперимента по определению эффективности различных методов и решающих правил контроля.

Таблица 2 Коэффициенты контролепригодности для различных решающих правил контроля

Методы и решающие правила контроля	Вероятность приемки		Вероятность браковки		Коэф. контроле приг. к
	общая P_{np}	ложная $P'_{\text{нpi}}$	общая $P_{\text{бp}}$	ложная $P'_{\text{бpi}}$	
Метод границ: “3 из 5”	0,722	0,222	0,278	0	0,686
Метод границ: “3 из 5” эквив.	0,686	0,186	0,314	0	0,723
Метод границ: “5 из 5”	0,409	0,117	0,591	0,208	0,502
Метод границ: “5 из 5” эквив.	0,477	0,082	0,523	0,105	0,605
Оперативная характеристика	0,561	0,080	0,439	0,019	0,835
Эквивалентная оперативная характеристика	0,526	0,040	0,474	0,014	0,908
Сплошной 100%-й контроль	0,500	0	0,500	0	1,000

Из таблицы 2 отчетливо видно, что наиболее приемлемым методом и решающим правилом контроля из всех выборочных методов является эквивалентная оперативная характеристика, а эквивалентный граничный метод существенно повышает точность принятия решения по сравнению с классическим граничным методом.

III. Заключение

Наиболее приемлемым методом и решающим правилом контроля из всех исследованных выборочных методов является эквивалентная оперативная характеристика. Ранняя отбраковка пластин во время прохождения технологической цепочки, когда пластина не успела нарастить свою стоимость, дает дополнительный экономический эффект. В целом уменьшение экономических потерь возможно на 15-20% от конечной стоимости пластин, кроме того, повышается общая надежность контроля.

IV. Библиография

1. Долгов А.Ю. Методы повышения эффективности выборочного контроля при производстве кристаллов микросхем // здесь же.
2. Долгов А.Ю. Критерий эффективности выборочного контроля // Математическое моделирование в образовании, науке и производстве: Мат. VII МНПК, 8-10 июня 2011 г. – Тирасполь: Изд-во Приднестр. ун-та, 2011. – С.35-36.