

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Параметры позиционирования определяются оптическим телевизионным методом контроля с использованием поперечного зондирования оптического волокна широким пучком равномерной освещенности. Предложена геометрическая модель и получены математические выражения для определения параметров позиционирования: поперечного, продольного смещений и угла взаимного наклона осей волокон. Положение осей оптических волокон определяется с использованием принципа согласованной фильтрации по координатам максимального значения автосвертки измеренной интенсивности. Предложенная технология используется для позиционирования волокон и оценки оптических потерь в соединении при выполнении операции сварки световодов.

Оптическое волокно, соединители, сварка, контроль, позиционирование, автосвертка

1. Общая характеристика проблемы

В процессе выполнения волоконно-оптических соединений решаются задачи позиционирования ОВ, в ходе которых выявляется текущее положение и состояние волокон. К характеристикам, описывающим эти свойства соединяемых волокон, относятся:

- состояние торцов волокон, подлежащих соединению сваркой, которое, в свою очередь, характеризуется углом плоскости торца к оси сердцевины волокна (неперпендикулярностью) и высотой неровностей поверхности;

- угол наклона осей сердцевины соединяемых волокон друг к другу. В большинстве современных устройств позиционирования эта величина должна устраняться помещением волокон в V-образные канавки элементов позиционирующих устройств. Однако, как показал опыт эксплуатации и исследований, данное свойство реализуется не всегда. Поэтому при разработке автоматизированных методов контроля характеристик позиционирования необходимо предусматривать функцию контроля указанной величины;

- значения продольного и поперечного смещений сердцевины оптических волокон.

В наиболее распространенных устройствах

позиционирования первые два параметра являются информативными и их знание позволит оператору качественно подготовить волокна к операции сварки. На основе последних двух параметров вырабатываются управляющие сигналы для исполнительных устройств позиционирования, реализующих минимально необходимое количество степеней свободы в позиционировании оптических волокон, равное трем. Таким образом, этапы контроля характеристик позиционирования представляются схемой (рис.1).



Рис.1. Схема последовательности контроля позиционирования оптических волокон

2. Постановка задачи исследований

Определение указанных параметров позиционирования предлагается осуществлять с помощью оптических телевизионных методов контроля с использованием поперечного зондирования оптического волокна широким пучком равномерного по освещенности светового потока. Схема реализации данного метода приведена на рис.2. Здесь используется то свойство, что при поперечном освещении волокно представляет собой фокусирующую цилиндрическую линзу, которая создает в плоскости фотоприемника распределение оптического поля, позволяющее определить характеристики позиционирования волокна.

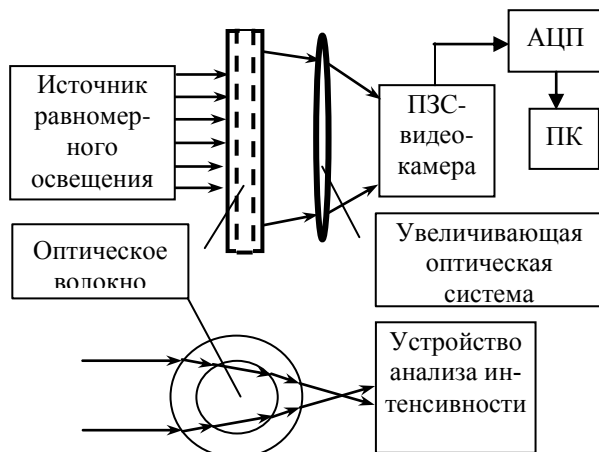


Рис.2. Схема системы контроля позиционирования волокон

Основной сложностью при реализации данного метода является анализ измеренной информации и формирование заключения о состоянии объектов сварки. Целью исследований является разработка метода обработки и анализа первичной информации, его исследование и создание алгоритмов и программ определения характеристик позиционирования.

3. Обоснование технологии автоматизированного контроля параметров позиционирования оптических волокон

Первичной информацией, получаемой в ходе измерения светового потока, преобразованного оптическим волокном, являются распределения интенсивности, подобные представленным на рис.3. Ха-

рактерными особенностями полученного изображения являются следующие:

- наибольшие по интенсивности оптического излучения области, соответствующие свободному пространству, окружающему оптические волокна, и информационному сигналу, являющемуся результатом фокусирующего действия сердцевин. По уровню эти сигналы одинаковы и значительно превышают уровень темных областей;

- темные области соответствуют областям оболочки оптического волокна;

- при смещении оптических волокон зоны занимаемые областями фона выше и ниже волокна (применительно к рисунку), изменяют свои размеры;

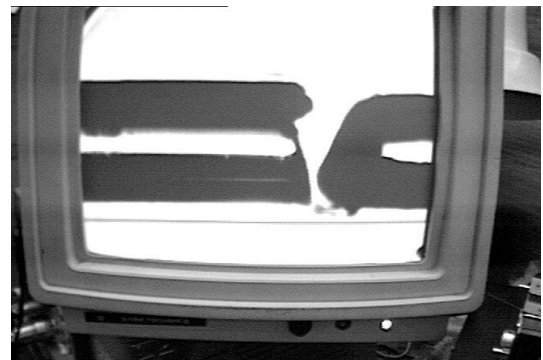


Рис.3. Изображение оптических волокон на видеомониторе установки сварки оптических волокон

- некачественная подготовка торцов волокон отражается на изображении видом границы перехода оболочка-фон (при наличии продольного смещения). В этой области изображения проявляются неперпендикулярность торца к оси сердцевин, неровности торцевой поверхности, а также дефекты торца в плоскости, перпендикулярной наблюдаемой. Так, на рис.3. изображения сердцевин не доходят до конца торцов волокон. Это вызвано некачественным сколом в смежной плоскости (перпендикулярно плоскости листа данного документа);

- геометрические ошибки позиционирования будут отражаться в виде смещений волокон друг относительно друга, наклоне изображений, созданных сердцевинами, наличием яркой области между

волокнами;

- несмотря на значительный уровень яркости, созданный сердцевинами, все же имеются неоднородности фона, вызванные погрешностями измерительной системы и состоянием волокна (например, некачественным удалением силиконового слоя с поверхности оболочки при подготовке волокон). Эти ошибки наиболее существенны на границе светлых и темных областей, поэтому при малых величинах контролируемых параметров могут приводить к значительным погрешностям идентификации.

Исходная информация, подлежащая анализу, представляет собой матрицу кодов яркостей, соответствующих точкам изображения. Разрешающая способность обусловлена размером и количеством элементов матрицы, а также увеличением оптической системы. Причем строки матрицы обуславливают разрешающую способность в определении поперечного смещения волокон, а столбцы, которые будем называть сечениями - продольного смещения. На точность остальных параметров оказывают влияние обе величины.

Проанализированные особенности выдвигают ряд требований к технологии контроля параметров позиционирования. На начальном этапе анализа необходимо выделить границы областей. Эта задача, учитывая форму распределения интенсивности, может быть решена несколькими способами. Из формы распределения видно, что крутизна границ в пределах каждого сечения позволяет достаточно точно определить границу областей в пределах сечений. Однако от сечения к сечению влияние граничных эффектов проявляются в колебании границ (шумовые погрешности). Учитывая, что ошибка проявляется на каждой из двух границ области, точное определение пороговым способом координат осей нецелесообразно. Здесь применим метод автосвертки, рассмотренный в [1]. Метод построен на принципах оптимальной фильтрации гауссова шума и позволяет исключить влияние погрешности измерения. Идентификация положения осей сердцевины по распределению интенсивности оптического поля

сводится к выполнению автосвертки этого сигнала и нахождению положения максимума результирующей функции, координаты которого являются удвоенными координатами положения центра исходного распределения (оси сердцевины). Однако результат применения данной операции зависит от формы сигнала. При сигналах с незначительной асимметричностью метод позволяет эффективно определять погрешности позиционирования. Однако для сигналов, в форме которых асимметрия сопровождается большим уровнем интенсивностей поля, приходящихся на области асимметрии, имеем то, что максимум автосвертки смещается в область большей пространственной плотности интенсивности. К таким сигналам относятся интенсивности полей, полученные в сечениях, поперечных осей волокон, при значительных поперечных сдвигах волокон (рис.4 и 5).

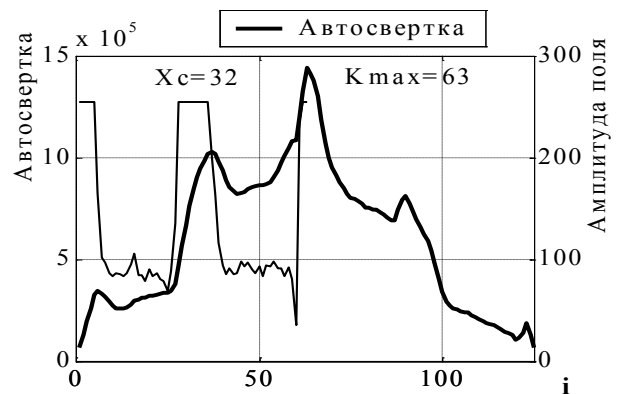


Рис.4. Распределение амплитуды поля сигнала в сечении и его автосвертка при незначительной асимметрии исходного сигнала

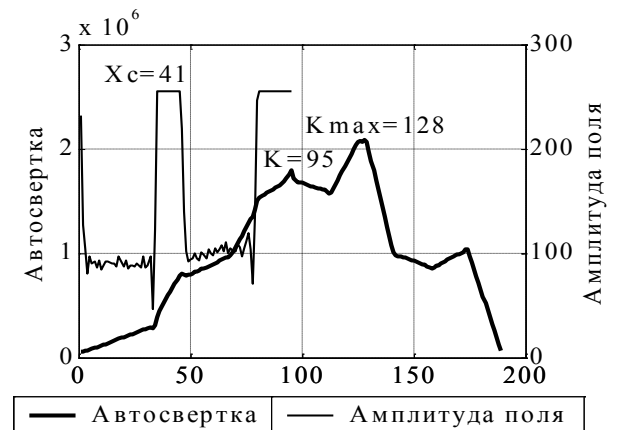


Рис.5. Распределение амплитуды поля сигнала в сечении и его автосвертка при значительном смещении влево оптического волокна

Так, при значительных смещениях, когда уровень фона с какой либо стороны занимает большую долю в сигнале, происходит пространственный сдвиг максимума автосвертки в сторону, противоположную смещению волокон, и возникают неприемлемые существенные ошибки (рис.5). В тоже время, незначительное различие фоновых составляющих позволяет надежно определять положение максимума (рис.4). Использование в данном случае метода моментов приводит к аналогичным результатам, и даже хуже. Поэтому, метод обработки может быть построен по схеме рис.6.

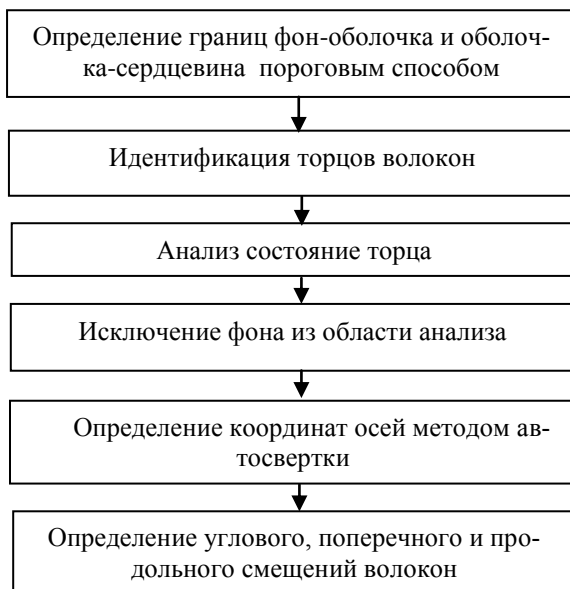


Рис.6. Алгоритм контроля

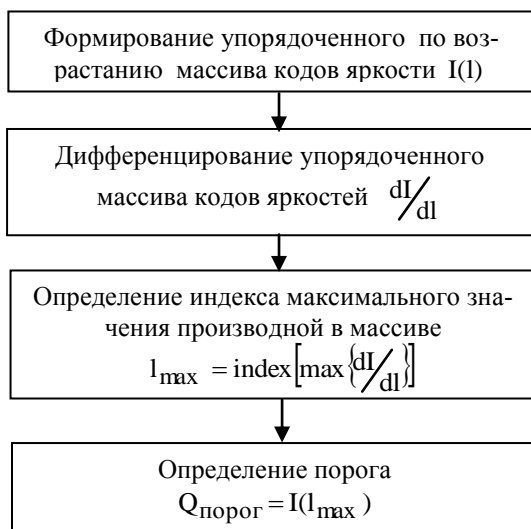


Рис.7. Схема определения порогового значения

Методика выполнения пороговой селекции

предполагает задаться неким значением, разделяющим сигнал на два уровня. В данной работе предлагается определять значение порога по алгоритму, приведенному на рис.7 и поясняемому рис.8.

Если упорядочить измеренный массив яркостей по возрастанию, получаем гистограмму распределения яркостей. При этом для характерной формы сигнала имеем явно выраженный перепад значений. Причем изменение уровня характеризуется значительной крутизной, которая соответствует наибольшей скорости роста функции.

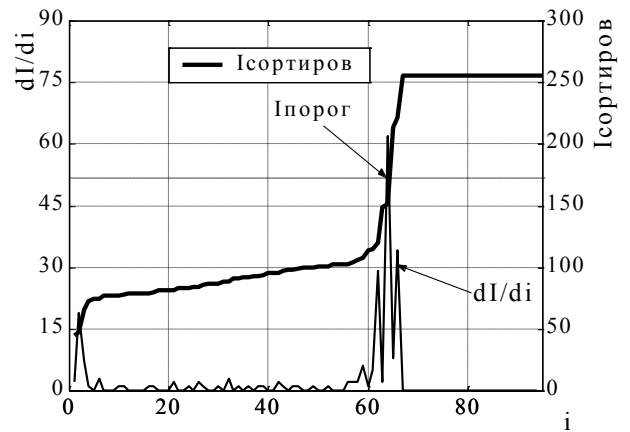


Рис.8. Графики функции упорядоченных по возрастанию кодов яркости изображения и ее первой производной

Процедура определения границ перехода яркости «свет-тьень». организуется программным способом в результате последовательного анализа каждого из поперечных сечений оптических волокон при перемещении прямоугольного окна размерностью $[i \times 1]$ вдоль координаты j . Таким образом, в результате выполнения вложенных циклов (причем внутренний изменяется по i - номер строки, а внешний - j - номер сечения (столбца) матрицы яркостей) формируется матрица границ G размерностью $[i \times j]$

$$G = [g_{i,j}] = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

в которой элементы, соответствующие границам

областей имеют значение «1», а остальные – значение «0», i и j определяются разрешением измерительной системы.

Очевидно, что результатом анализа каждого столбца будет наличие в каждом сечении 4 критических точек: $g_{об,лев}, g_{сер,лев}, g_{сер,прав}, g_{об,прав}$. При обнаружении «окном» отсутствия этих точек в столбце матрицы в соответствии с критерием

$$S(j) = \sum_i^{imax} g_{i,j} \neq 4, \quad (2)$$

что может свидетельствовать либо о нахождении «окном» конца волокна, либо о том, что сердцевина не доходит до конца волокна (хотя бы одно из значений $g_{об,лев}, g_{сер,лев}, g_{сер,прав}, g_{об,прав}$ равно нулю), для устранения чего необходимо произвести скол волокна, «окно» автоматически позиционируется на шаг (столбец) назад и считает эту позицию окончанием волокна.

На рис.9 приведено графическое представление результатов работы алгоритма определения матрицы G для исходного сигнала (рис.3). В ходе выполнения алгоритма последовательного постолбцового анализа, после того как сформирована матрица G , с номеров последних сечений J_{k1} и J_{k2} , соответствующих концам первого и второго волокна, начинается формирование векторов $T = [t(i)]$, описывающих профили торцов волокон. Элементами данного вектора являются номера сечений, отсчитанные от J_{k1} и J_{k2} , для которых в матрице G на пересечении с соответствующей строкой i расположена «1», соответствующая граничным точкам торца

$$\begin{cases} t_1(i) = \max \{j | g(i,j)=1\} - J_{k1} \\ t_2(i) = J_{k2} - \min \{j | g(i,j)=1\} \end{cases} \quad (3)$$

Количество элементов в векторе равно количеству строк. Данный вектор представляет собой пространственные координаты точек торца, отсчитанные от определенных точек окончания волокна J_{k1} и J_{k2} . Его значения позволяют выполнить анализ состоя-

ния торца волокна.

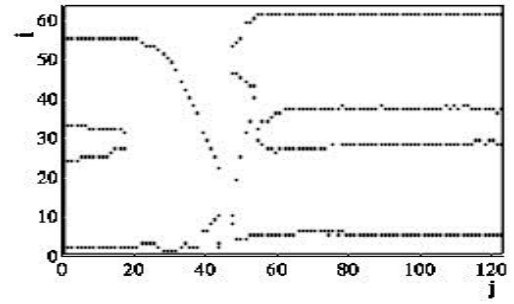


Рис.9. Пример отображения значений матрицы G для исходного сигнала.

В данной работе решение данной задачи предлагается выполнять аппроксимацией профиля торца линейным трендом по методу наименьших квадратов

$$\tilde{t}(i) = a_1 \cdot i + a_0, \quad (4)$$

где $\tilde{t}(i)$ - аппроксимированная точка профиля; a_1, a_0 - коэффициент и свободный член линии, аппроксимирующей профиль; i - номер элемента вектора $T = [t(i)]$ (номер строки исходной матрицы интенсивностей измеренного оптического поля). Данный подход представляется наиболее правильным, так как позволяет оценить среднеквадратичный разброс точек профиля. В качестве критерия пригодности торцов к сварке используется коэффициент детерминации случайной величины и линии тренда R^2 , который в относительных нормированных единицах показывает степень разброса точек профиля от идеального профиля

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{imax} (\tilde{t}_i - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^{imax} (t_i - \bar{t})^2}, \quad (5)$$

где t_i - текущее сечение профиля, соответствующее строке i ; \bar{t} - среднее значение.

Исследования показали, что торцы пригодны к сварке для значений $R^2 > 0.9$. В этом случае отклонение точек профиля от условной линии (линии тренда) не превышает 2-х элементов дискретизации (2-х сечений матрицы интенсивности): $\Delta t_{max} = \max \{\tilde{t}_i - t_i\} < 2\Delta l$. На рис.10 приведены результаты исследований по применению данного метода анализа профиля торца. Такой подход поз-

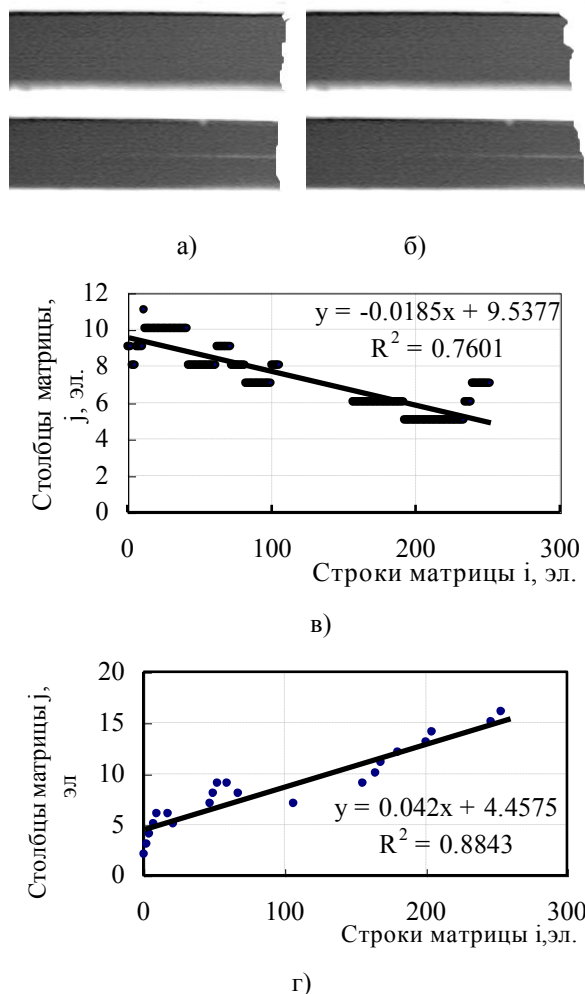


Рис.10. Результаты экспериментальных исследований метода контроля профиля поверхности торцов волокон (неровностей и угла неперпендикулярности) двух образцов волокон перед сваркой (а и б – изображения, созданные волокнами и измеренные системой контроля, в и г – профили торцов и их аппроксимация линейным трендом)

воляет решить сразу две задачи: определить характеристики неровностей профиля через (5) и угол неперпендикулярности торца оси волокна

$$\alpha_{\perp} = \arctg(a_1). \quad (6)$$

Рассчитанные углы для случаев, изображенных на рис.10 составили соответственно: 1.06° (0.0185рад) и 2.41° (0.042рад).

Следующей задачей, подлежащей решению в соответствии с рис.6, является исключение фона и определение координат оси сердцевин оптических волокон. Исключение области фона из анализа при известных границах сердцевин является алгоритмической задачей и сложности не представляет. Оси

сердцевин определяются методом автосвертки. Результатом применения метода автосвертки для идентификации осей сердцевин волокон являются два массива – матрица центров осей X_c (матрица, в которой элементы, соответствующие оси сердцевин, равны «1», остальные – «0») размерностью $[i \times j]$, совпадающей с размерностью исходной матрицей кодов интенсивности изображения (рис.11),

$$\begin{cases} x_c(i,j) = 1 & \text{при } \text{conv}(i,j) = \max \\ x_c(i,j) = 0 & \text{при } \text{conv}(i,j) \neq \max \end{cases}, \quad (7)$$

$$X = [x_{c,i,j}] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

и вектор размерностью количества сечений $C[j]$, элементы которого имеют значения, равные номерам строк i , в которых наблюдаются максимумы автосвертки, например,

$$C = [m(i,j)] = [5 \ 5 \ 5 \ 0 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4]. \quad (8)$$

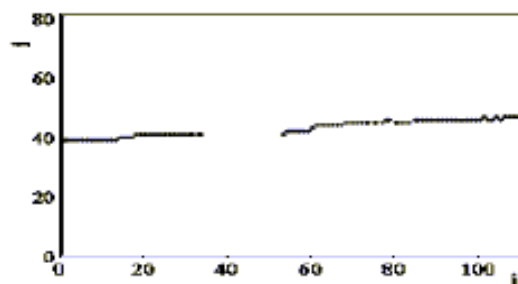


Рис. 11. Трасса сердцевин волокон, восстановленная методом автосвертки

Вектор C используется для определения оставшихся параметров позиционирования: угла между осями волокон, продольного и поперечного смещений. Геометрическая модель решения данной задачи представлена на рис.12.

Для определения характеристик позиционирования оптических волокон предлагается использовать описанный выше метод аппроксимации координат осей линейным трендом. В этом случае оси характеризуются уравнениями

$$y' = b_0 + b_1 \cdot x, \quad (9)$$

$$y'' = c_0 + c_1 \cdot x, \quad (10)$$

где коэффициенты регрессии b_0, b_1, c_0, c_1 определяются по матрице C известным образом [3]. Учитывая свойства линейных уравнений, можем записать выражение для угла взаимного наклона осей сердцевин

$$\theta = \arctg(b_1) - \arctg(c_1) = \arctg \frac{b_1 + c_1}{1 - b_1 c_1} \quad (11)$$

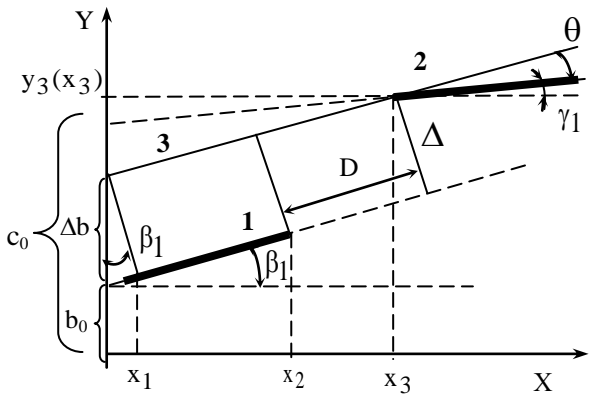


Рис.12. Геометрическая модель для определения смещений между оптическими волокнами: 1 - линия оси первого волокна; 2 - линия оси второго волокна; 3 - прямая, параллельная оси первого волокна и проходящая через точку начала второй оси с координатами $y_3(x_3)$; Δ - поперечное смещение между волокнами; θ - угловой наклон осей волокон одно по отношению к другому; D - продольное смещение волокон.

Величина поперечного смещения (в общем случае) может быть получена следующим образом

$$\Delta = [y_3(x_3) - b_1 \cdot x - b_0] \cdot \cos(\arctg(b_1)) \quad (12)$$

Следует отметить, что выражение (12) получено при условии, что оси волокон также не параллельны оси X . Данное условие практически всегда имеет место, т.к. обеспечить параллельность осей волокон координатной сетке измерительной системы достаточно сложно.

Продольное смещение между волокнами определяется из соотношения

$$D = \frac{(x_3 - x_2)}{\cos \beta_1} + \Delta \cdot \sin \beta_1 \quad (13)$$

На рис.13 представлены результаты экспериментальных исследований применения предложенного метода к измеренному изображению без смещения, а на рис.14 – результаты аналогичных исследований в случае смещенных сердцевин.

Результаты расчетов линейных смещений осей сердцевин представлены в табл.1. Из анализа уравнений регрессии для рис.13 и 14 можно сделать вывод, что наклон между осями сердцевин волокон незначительный, т.к. коэффициенты при переменной практически равны ($0.0637 \approx 0.0665$ и $0.3112 \approx 0.3142$), что соответствует углу 0.0028 рад для рис.13 и 0.0029 рад для рис.14.

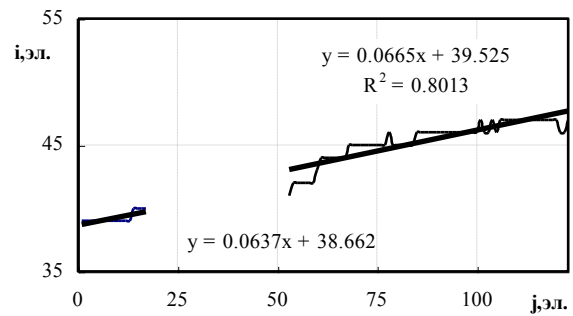


Рис.13. Результаты обработки трасс осей сердцевин при практически полном отсутствии поперечного смещения

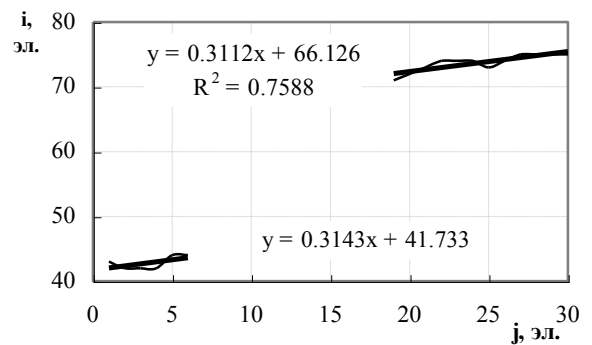


Рис.14. Результаты обработки трасс осей сердцевин при существенных поперечном и продольном смещениях

Таблица 1
Результаты определения продольных и поперечных смещений волокон

Изображение	Δ , эл.	D , эл.
Рис.13	0.962	36.04
Рис.14	23.18	20.58

При пересчете в градусы угол взаимного наклона осей волокон составил около 0.16° . По техническим условиям угол не должен превышать 1° . Таким образом, все волокна установлены в V-образные фиксаторы позиционеров сварочной машины качественно, без взаимного наклона. Имеется лишь непараллельность фиксаторов координатной сетке измерительной системы. Из анализа также видно, что угол наклона к координатной сетке

очень незначительный, то продольное смещение между волокнами D лишь незначительно отличается от того, который можно было определить из разницы $x_3 - x_2 = 53 - 16 = 36$ эл. Во втором случае большее поперечное смещение и больший угол наклона к координатной сетке требуют использования точных формул, предложенных в данной работе ($x_3 - x_2 = 19 - 6 = 13 < 20.58$ эл.). Однако для поперечного смещения ошибка менее значительна – $65 - 42 = 23$ эл. ≈ 23.18 эл.).

Предложенный метод определения параметров позиционирования обладает большей точностью и не чувствителен к неизбежным угловым наклонам оптических волокон к координатной сетке измерительной системы (матрицы фотоприемников).

4 Разработка метода контроля параметров формы сварного соединения оптических волокон

Предложенная технология контроля геометрических параметров в процессе позиционирования волокон может быть использована для оценки потерь после завершения операции сварки в соединениях волокон. Более того, для обеспечения удобства и быстродействия процесса сварки необходимо, чтобы юстировка, сварка и контроль волокон производились одним устройством, что делает актуальной задачу интеграции в сварочном устройстве всех функций.

В качестве параметров, учитываемых при оценке потерь в месте сварки ОВ, необходимо использовать смещение сердцевин, их наклон, изменение диаметра в месте стыка, эксцентриситет сердцевин относительно оболочки.

Полученное с помощью системы (рис.2) изображение представлено на рис.15. В данном изображении из-за влияния различных помех сердцевина не имеет четких границ, что может привести к значительным погрешностям дальнейших вычислений. Смесь сигнала и шумовых составляющих можно представить в виде

$$\xi(x,y) = I(x,y) + n(x,y) + I_0(x,y), \quad (14)$$

где $I(x,y)$ – полезный сигнал; $n(x,y)$ – шумовая составляющая; $I_0(x,y)$ – фоновая составляющая.

Для надежного определения оптико-геометрических параметров сварного соединения ОВ необходимо осуществить предварительную обработку изображения с целью исключения шумовых компонентов, а также удалить фоновую составляющую, которая не несет положительной информации и является источником дополнительной погрешности. После предварительной обработки измеренного изображения можно вычислять необходимые геометрические параметры сварного соединения, а затем и вносимые потери. Схема алгоритма обработки полученного изображения показана на рис.16.

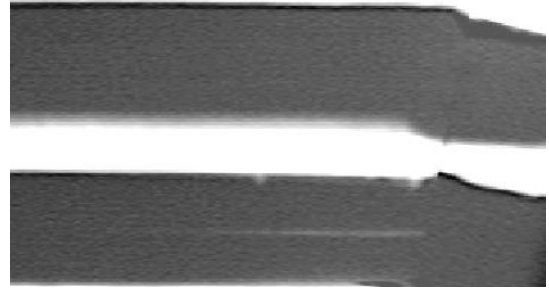


Рис.15. Изображение дефектного сварного соединения оптических волокон

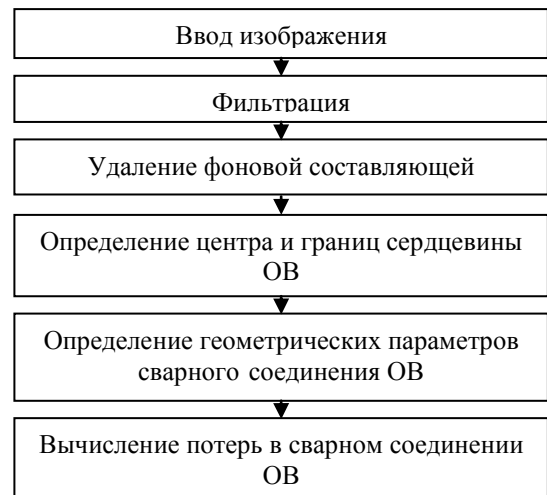


Рис.16. Алгоритм обработки полученного изображения и оценки потерь в соединении

В измеренном распределении интенсивности излучения, представленном на рис.17, присутствуют высокочастотные и импульсные шумы, обусловленные различными загрязнениями оптических поверхностей устройств, неравномерностью чув-

ствительности фотоприемника, дефектами объекта контроля, колебаний питающего напряжения. Устранение шума может быть выполнено применением цифрового фильтра нижних частот. требованиям по сглаживанию заданного распределения.

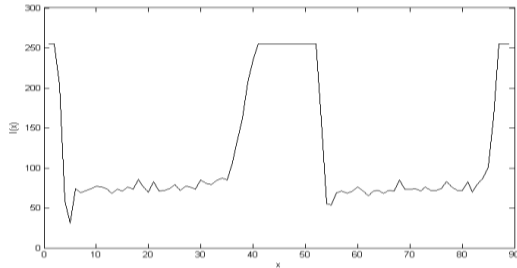


Рис.17. Распределение интенсивности излучения до фильтрации

Наиболее приемлемым для решения поставленной задачи является фильтр Баттерворта. Фильтры Баттерворта нижних частот характеризуются тем, что имеют максимально гладкую амплитудную характеристику в полосе пропускания и в полосе подавления, а также хорошие параметры по изменению ослабления. Необходимо выбрать такой фильтр Баттерворта, который обеспечивал бы прохождение информационной составляющей сигнала $I(x)$ при максимальном подавлении искажений. Для этого проведено моделирование с помощью пакета Matlab. На рис.18 представлены сглаженные с помощью фильтров Баттерворта различных порядков и частотных характеристик распределения интенсивности излучения.

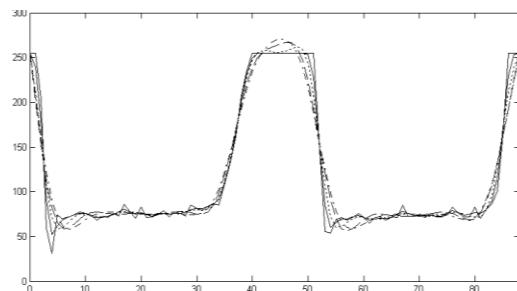


Рис.18. Изображение ОВ после фильтрации

Наиболее приемлемым является распределение, полученное при использовании фильтра Баттерворта второго порядка. При этом обеспечиваются наименьшие потери полезного сигнала и необходимое подавление помех. Координаты осей сердцевин волокон определяются методом автосвертки, а гра-

ницы сердцевин определяются по измеренному распределению изображения рассеянием значений интенсивности от центра распределения (оси сердцевин)

$$D = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} x^2 \cdot I(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} I(x) dx} - Xc^2. \quad (15)$$

С помощью разработанной программы осуществлено выделение указанных параметров (рис.19).

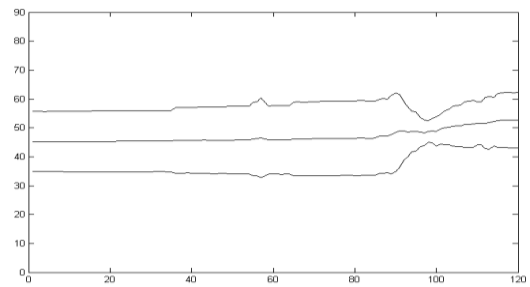


Рис.19. Результат нахождения центра и границ сердцевин ОВ

Для определения углового смещения сердцевин волокон используется методика, рассмотренная выше и основанная на аппроксимации осей первого и второго ОВ по методу наименьших квадратов (рис.20). Уравнения, описывающие оси первого и второго волокон соответственно, имеет вид

$$x_1 = a_1 \cdot i + a_0, \quad x_2 = b_1 \cdot i + b_0. \quad (16)$$

Углы наклона волокон определяются коэффициентами a_1 и b_1

$$\alpha = \arctg(a_1), \quad \beta = \arctg(b_1). \quad (17)$$

Разность между полученными по формулам (17) углами наклона волокон определяет угловую несогласованность:

$$\theta = \arctg a_1 - \arctg b_1 = \begin{cases} \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, a_1 b_1 > -1 \\ \pi + \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, a_1 > 0, a_1 b_1 < -1 \\ -\pi + \arctg \frac{a_1 - b_1}{1 + a_1 b_1}, a_1 < 0, a_1 b_1 < -1 \end{cases} \quad (18)$$

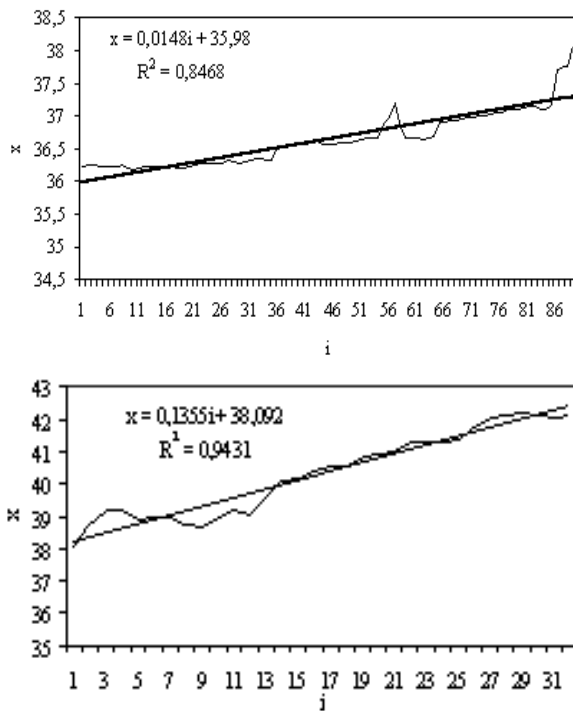


Рис 20. Оси сердцевин первого и второго волокон

5. Заключение

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили реализовать структурную схему (см. рис.2) на базе универсальных электронных модулей и разработать программные средства для предложенного метода контроля параметров позиционирования. На рис.21 представлен общий вид программно-аппаратного комплекса, выполняющий рассмотренные задачи.

Разработанная в соответствии с описанным алгоритмом программа (рис.22) включает модуль ввода информации с видеокамеры персональный компьютер, результат выполнения которого может быть просмотрен на вкладке «Таблица» на рабочем поле окна программы; модуль сглаживания шумов; - модуль определения геометрических параметров формы и расположения в соответствии с рассмотренными теоретическими положениями и алгоритмом; модуль ввода исходных параметров: разрешающей способности координатной сетки, размерность координатной сетки, допустимые отклонения контролируемых параметров.



Рис.21. Внешний вид системы контроля параметров позиционирования оптических волокон при сварке

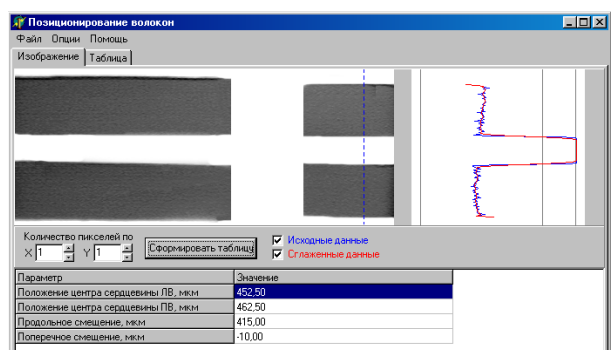


Рис. 22. Результат работы модуля определения параметров позиционирования

Литература

1. Филипенко А.И. Использование автосвертки распределения оптического поля для идентификации положения сердцевины оптических волокон при их соединении // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб., 2003, Вып.132.– С.109-114.
2. Филипенко А.И., Невлюдов И.Ш. Контроль позиционирования оптических волокон при выполнении технологических операций их соединений // Радіоелектронні і комп'ютерні системи: Харків: НТУ "ХАІ".-2004.- Вип.2(6).-С.52-61.
3. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений.–М.: Физматгиз,1962.–352с.

Поступила в редакцию 10.06.05