

1 Аннотация

Настоящий документ включает в себя технические требования на производство доработок программного комплекса ИСУМ, которые позволят эффективно использовать рентгеновский микротомограф для процесса дефектоскопии ТВЭЛов, а также для маркировки ТВЭЛов под обрезку.

2 Список сокращений и наименований

Термин	Наименование
ТВЭЛ	Тепловыделяющий элемент
ИСУМ	Интегрированная система управления микротомографом

3 Общие положения

3.1 Полное наименование работ

Провести доработки имеющегося проекта реконструкции трёхмерных моделей при помощи рентгеновского микротомографа, позволяющие использовать рентгеновский микротомограф для дефектоскопии ТВЭЛов.

3.2 Наименование Заказчика работ

Заказчиком работ является ---

3.3 Наименование Исполнителя работ

Исполнителем работ является Центр разработки программного обеспечения «Лидер-ИТ».

3.4 Назначение доработок

3.4.1 Фильтрация фона на теневой проекции

Теневые проекции должны быть обработаны фильтром, позволяющим игнорировать те области снимка, в которых нет ТВЭЛа. Это позволит увеличить скорость выполнения реконструкции.

3.4.2 Классификации дефектов

Данный модуль должен обеспечивать задание допустимых параметров ТВЭЛа, а также нахождение дефектов на реконструированной модели ТВЭЛа.

3.4.3 Модуль ручной отметки аномалий

Модуль позволяет пользователю просмотреть реконструированную модель ТВЭЛа и отметить участки с аномалиями.

3.4.4 Модуль определения середины среднего слоя

Модуль позволяет, основываясь на данных о дефектах, производить поиск пригодных для использования частей ТВЭЛа.

3.4.5 Модуль визуализации реконструированной модели, способный работать на 32-х разрядной версии Windows

Модуль позволяет просматривать результат реконструкции в виде трёхмерной модели. Предоставляемое пользователю изображение не должно отличаться от того, которое предоставляет исходная версия проекта ИСУМ, работающая на 64-х битных операционных системах.

3.5 Результаты работ

По окончании работ должен быть получен следующий результат: разработаны и настроены на оборудовании заказчика вышеозначенные модули.

3.6 Нормативная и техническая документация

При разработке Системы и создании документации должны быть использованы следующие нормативно-технические документы:

1. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.
2. ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
3. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.
4. ГОСТ 19. Единая система программной документации.
5. РД 50-34.698-90. Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.

4 Общие требования к доработкам

4.1 Программное обеспечение

Язык программирования: C++.

Используемые фреймворки: Qt версии 5.3.1 (или выше), VTK версии 5.10.1 (или выше).

СУБД: SQLite.

Операционная система: Windows.

4.2 Производительность

Для ТВЭЛа длиной 1.5м процесс съёмки, реконструкции и поиска дефектов должен выполняться в течение 2.5ч. Разрешение съёмки: 2000x2000 пикселей, количество снимков на каждые 10см ТВЭЛа: 720.

5 Модуль фильтрации фона на теневой проекции

5.1 Алгоритм Собеля

Для определения какая часть изображения является фоном, а какая нет, необходимо определить границы объекта на изображении. Определение границ выполняется методом Собеля, метод выбран из соображений высокой скорости его выполнения.

Для реализации алгоритма следует выполнить следующие шаги:

1. Сглаживание
2. Нахождение границ

Далее, шаги более подробно (алгоритмы из первоисточника описаны на Mathcad):

5.1.1 Сглаживание

Сглаживание необходимо для подавления шума на изображении. Для подавления шума, воспользуемся размытием изображения фильтром Гаусса.

$$G_{gen}(x, y, \sigma) := \frac{1}{2\pi \cdot \sigma^2} \cdot e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

5.1.2 Нахождение границ

Нахождение границ выполняется методом Собеля. Ядра алгоритма это 2 матрицы 3x3

$$MGx := \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad MGy := \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

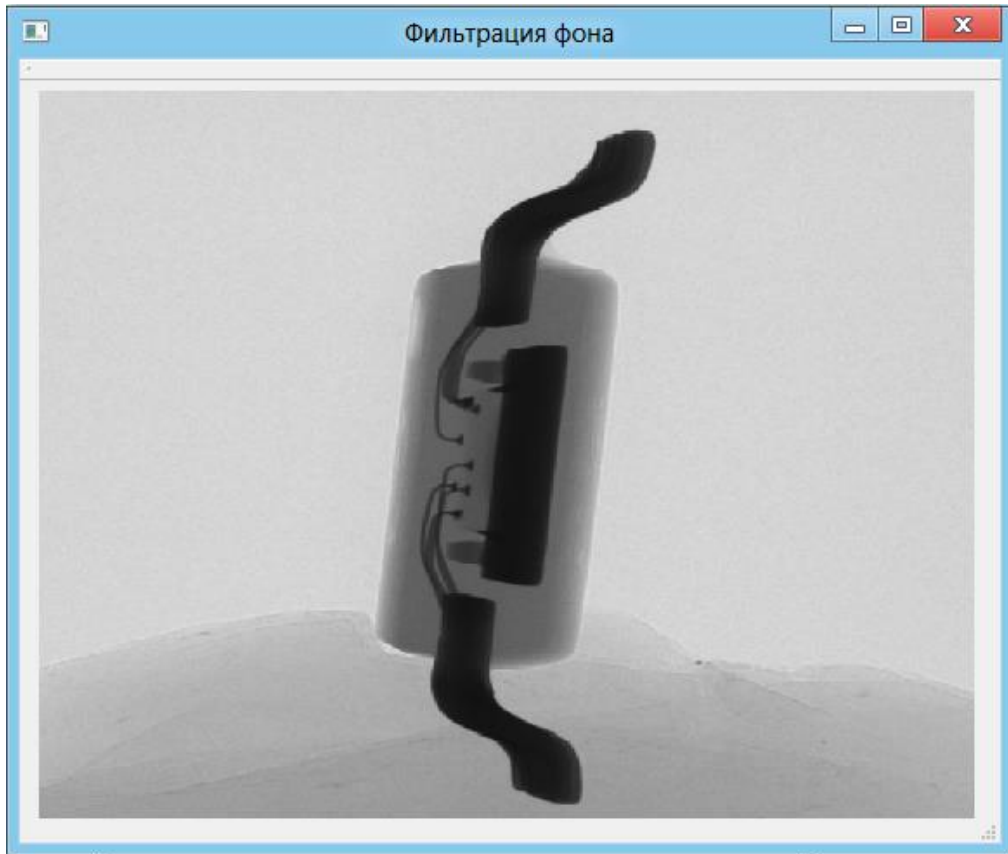
Далее, каждой точке изображения приписывается направление градиента яркости. Выполняется следующим алгоритмом:

```
SobelOperator(Matrix) :=
  for iY ∈ 1..rows(Matrix) - 2
  for iX ∈ 1..cols(Matrix) - 2
    A ← submatrix(Matrix, iY - 1, iY + 1, iX - 1, iX + 1)
    GX ← ∑y=02 ∑x=02 (Ay,x · MGxy,x)
    GY ← ∑y=02 ∑x=02 (Ay,x · MGyy,x)
    G ← √(GX2 + GY2)
    θ ← round(atan2(GX, GY) / (π/4)) · π/4 - π/2 if G ≠ 0
    θ ← EnCode otherwise
    SobMtrxiY, iX ← G
    SobMtrxiY, iX+1+cols(Matrix) ← θ
  return SobMtrx
```

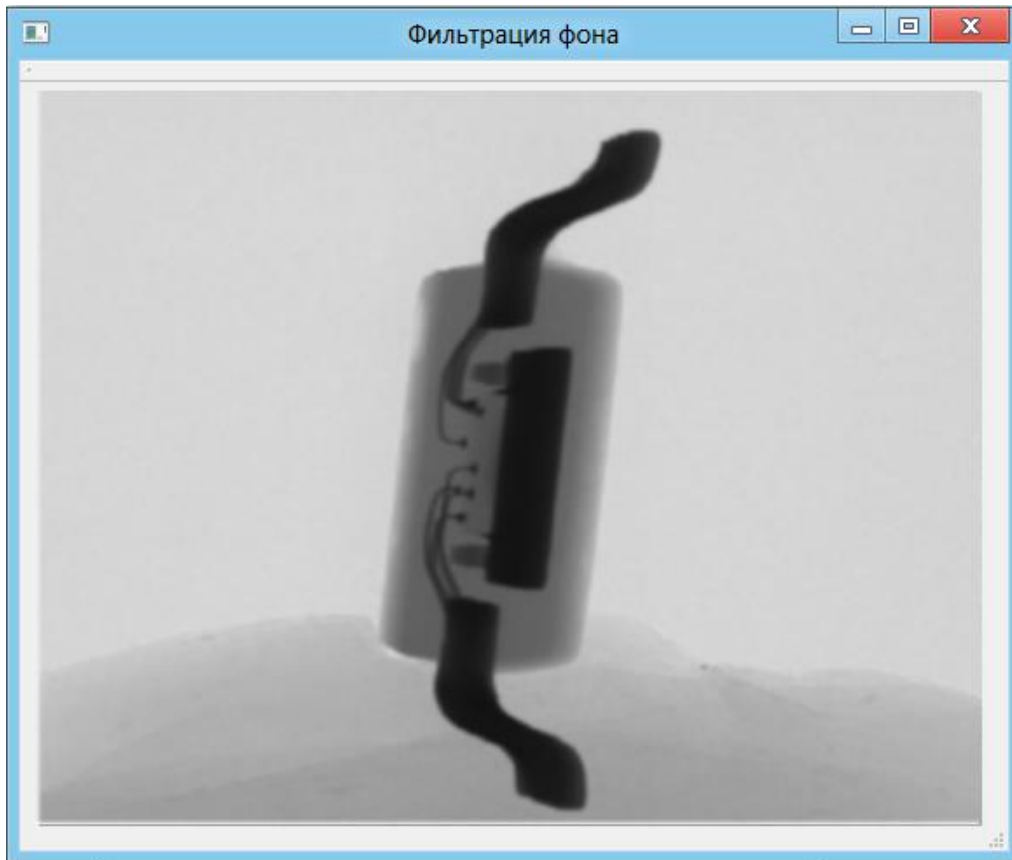
Для обработки данным алгоритмом исходное изображение копируется и все манипуляции выполняются над копией. После определения границ объекта на оригинальном изображении, участки расположенные от границы изображения до границ объекта считаются фоном и удаляются из изображения. Ввиду простой формы предполагаемых объектов, достаточно будет выполнить 4 прохода по определению фона: слева на право, до встречи с граничным пикселем объекта или правой границей изображения, справа на лево, до встречи с граничным пикселем объекта или левой границей изображения, и аналогично сверху вниз и снизу вверх.

Фильтрация фона является частью процесса дефектоскопии и не имеет интерфейса для наглядности, пошаговое выполнение представлено на примере теневой проекции чипа:

1. Оригинальное изображение:



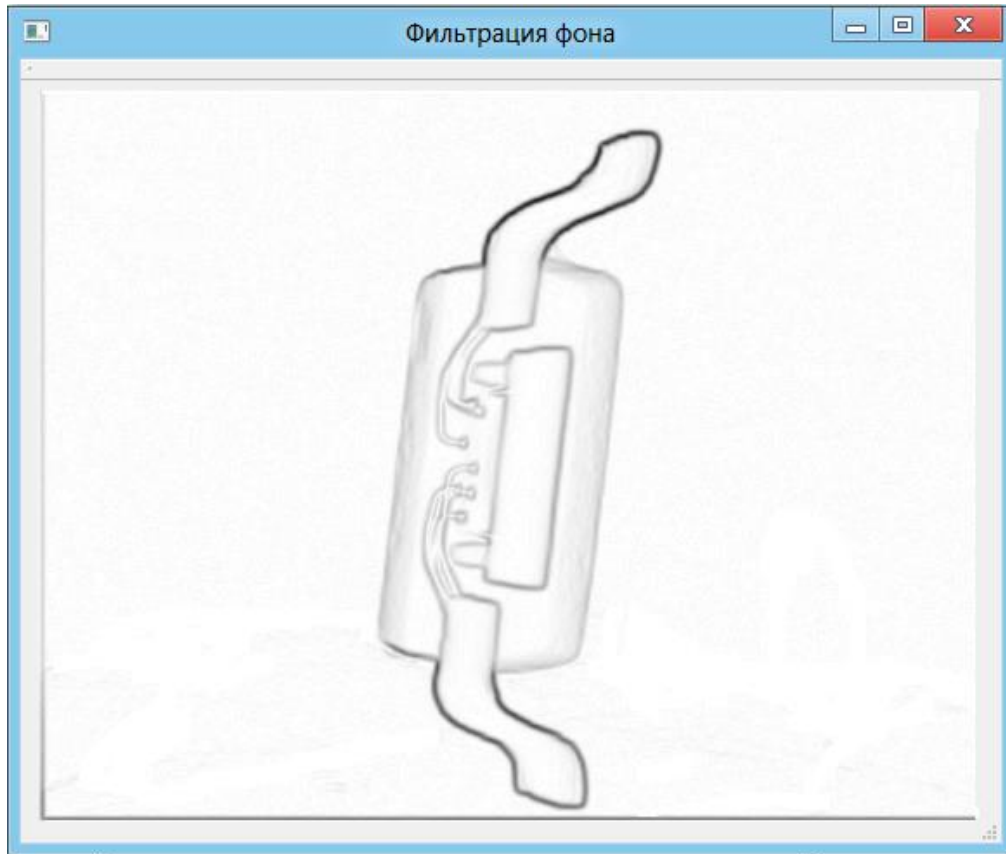
2. Сглаживание:



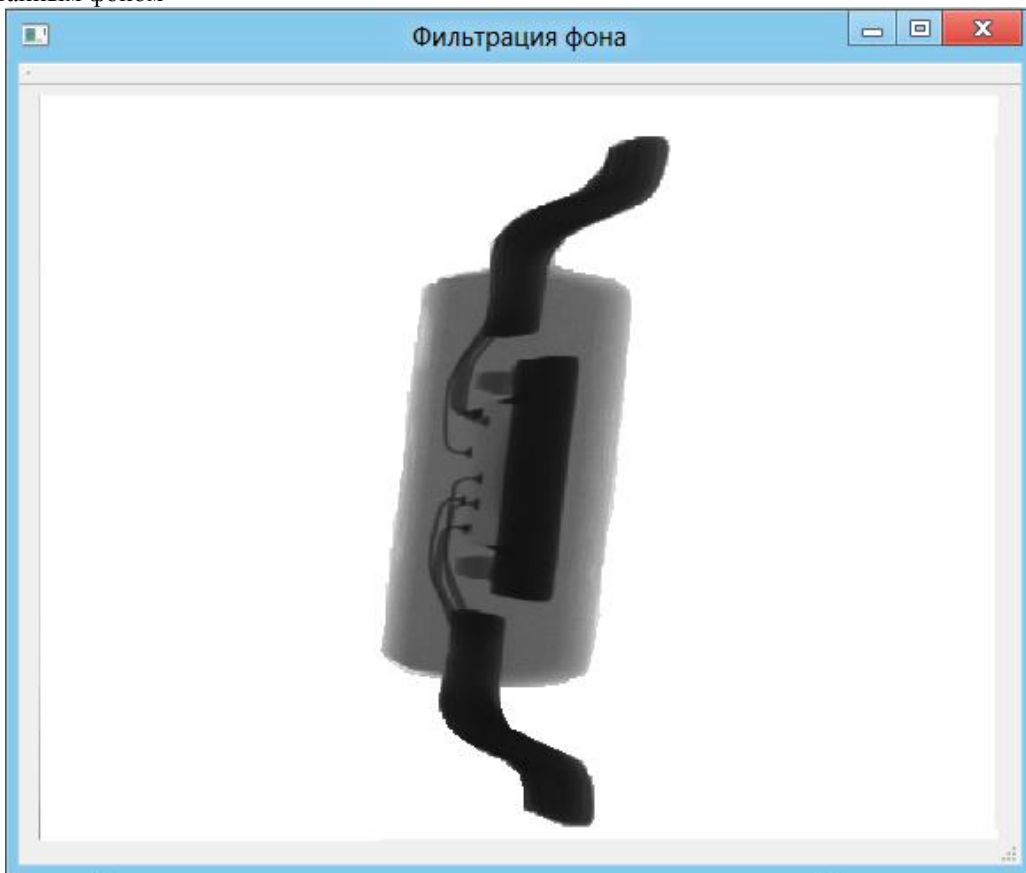
3. Выделенные границы

Подрядчик: _____

Заказчик: _____



4. С отфильтрованным фоном



6 Модуль классификации дефектов

6.1 Варианты дефектов

Имеющаяся 3D модель ТВЭЛа проверяется на наличие дефектов.

Дефекты труб (круглой, шестигранной, четырёхгранной):

1. Толщина внутренней оболочки вне допустимых пределов.
2. Толщина наружной оболочки вне допустимых пределов.
3. Поперечное смещение относительно центральной оси ТВЭЛа. Изгиб ТВЭЛа.
4. Деформация оболочек.

Дефекты пластин:

1. Толщина верхнего слоя алюминия вне допустимых пределов.
2. Толщина нижнего слоя алюминия вне допустимых пределов.
3. Деформация пластин алюминия.

Общие дефекты для труб и пластин:

1. Толщина вещества вне допустимых пределов.
2. Неоднородность. Плотность в определённой области отличается от допустимой плотности оболочек и вещества.

Допустимые величины указываются в окне настроек дефектоскопии.

6.2 Настройки дефектоскопии

6.2.1 Круглая труба

На изображении представлен фрагмент поперечного среза трубы ТВЭЛа.

Parameter	Unit	Acceptable Deviation	Unit
D _{Out2}	мкм		%
D _{Out1}	мкм		%
D _{In2}	мкм		%
D _{In1}	мкм		%
d ₃	мкм		%
d ₂	мкм		%
d ₁	мкм		%
ρ Al	кг/м³		%
ρ U	кг/м³		%
Допустимое отклонение от центральной оси:			%

Параметры ТВЭЛа в форме круглой трубы:

1. D_{Out2} – внешний диаметр наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
2. D_{Out1} – внутренний диаметр наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
3. D_{In2} – внешний диаметр внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
4. D_{In1} – внутренний диаметр внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
5. d₃ – толщина наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
6. d₂ – толщина слоя вещества и допустимое отклонение в мкм и %.

Подрядчик: _____

Заказчик: _____

7. d_1 – толщина внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
8. ρ_{Al} – плотность алюминия и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
9. ρ_U – плотность урана и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
10. Допустимое отклонение от центральной оси в мкм и %.

6.2.2 Шестигранная труба

Настройки дефектоскопии

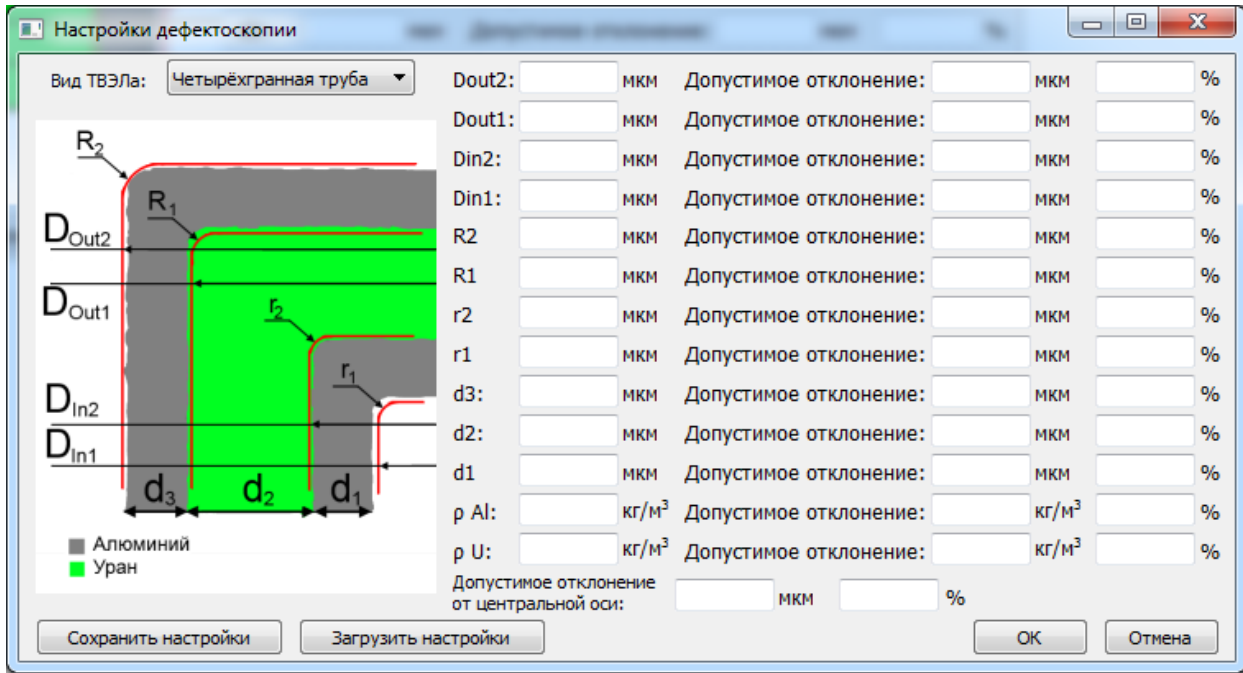
Вид ТВЭЛа: Шестигранная труба

D_{Out2} : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 D_{Out1} : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 D_{In2} : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 D_{In1} : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 R_2 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 R_1 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 r_2 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 r_1 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 d_3 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 d_2 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 d_1 : _____ мкм Допустимое отклонение: _____ мкм _____ %
 ρ_{Al} : _____ кг/м³ Допустимое отклонение: _____ кг/м³ _____ %
 ρ_U : _____ кг/м³ Допустимое отклонение: _____ кг/м³ _____ %
 Допустимое отклонение от центральной оси: _____ мкм _____ %

Параметры ТВЭЛа в форме шестигранной трубы:

1. D_{Out2} – внешний размер наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
2. D_{Out1} – внутренний размер наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
3. D_{In2} – внешний размер внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
4. D_{In1} – внутренний размер внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
5. R_2 – внешний радиус скругления наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
6. R_1 – внутренний радиус скругления наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
7. r_2 – внешний радиус скругления внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
8. r_1 – внутренний радиус скругления внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
9. d_3 – толщина наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
10. d_2 – толщина слоя вещества и допустимое отклонение в мкм и %.
11. d_1 – толщина внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
12. ρ_{Al} – плотность алюминия и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
13. ρ_U – плотность урана и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
14. Допустимое отклонение от центральной оси в мкм и %.

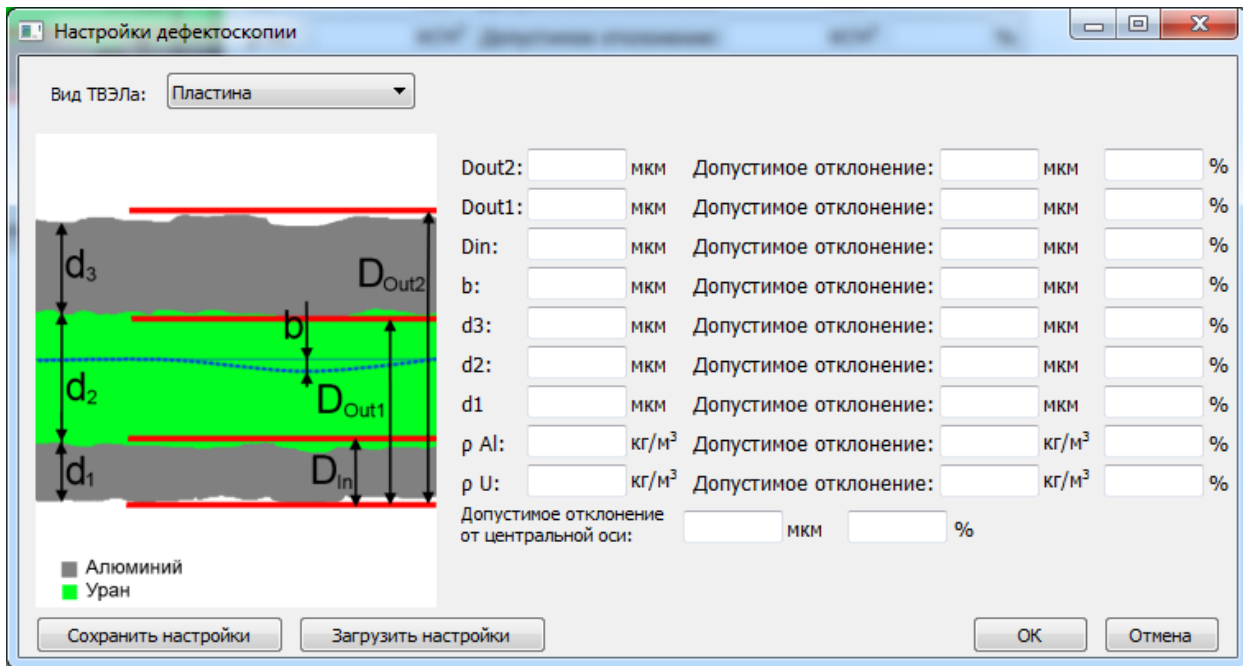
6.2.3 Четырёхгранная труба



Параметры ТВЭЛа в форме четырёхгранной трубы (совпадают с параметрами для шестигранной трубы):

1. DOut2 – внешний размер наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
2. DOut1 – внутренний размер наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
3. DIn2 – внешний размер внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
4. DIn1 – внутренний размер внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
5. R2 – внешний радиус скругления наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
6. R1 – внутренний радиус скругления наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
7. r2 – внешний радиус скругления внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
8. r1 – внутренний радиус скругления внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
9. d3 – толщина наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
10. d2 – толщина слоя вещества и допустимое отклонение в мкм и %.
11. d1 – толщина внутренней алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
12. ρ_{Al} – плотность алюминия и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
13. ρ_U – плотность урана и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
14. Допустимое отклонение от центральной оси в мкм и %.

6.2.4 Пластина



Параметры ТВЭЛа в форме пластины:

1. D_{Out2} – высота наружной алюминиевой оболочки и допустимое отклонение в мкм и %.
2. D_{Out1} – высота всей пластины без учёта верхнего слоя алюминия и допустимое отклонение в мкм и %.
3. D_{In} – высота нижнего слоя алюминия и допустимое отклонение в мкм и %.
4. b – отклонение от центральной поперечной оси в плоскости среза (прогиб пластины) и допустимое отклонение в мкм и %.
5. d_3 – толщина верхнего слоя алюминия и допустимое отклонение в мкм и %.
6. d_2 – толщина слоя вещества и допустимое отклонение в мкм и %.
7. d_1 – толщина нижнего слоя алюминия и допустимое отклонение в мкм и %.
8. ρ_{Al} – плотность алюминия и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
9. ρ_U – плотность урана и допустимое отклонение в кг/м³ и %.
10. Допустимое отклонение от центральной оси (прогиб пластины) в мкм и %.

6.3 Принцип поиска дефектов

1. Прежде всего, необходимо определить границы нахождения алюминия и урана в поперечных срезах. Границы выделяются одним из алгоритмов выделения границ, описанных в разделе фильтрация фона изображения.
2. Определяем замкнутые области внутри границ, определённых на шаге 1. Для поиска замкнутых областей используется алгоритм быстрой заливки QuickFill (<http://www.codeproject.com/Articles/6017/QuickFill-An-efficient-flood-fill-algorithm>).
3. Определяем среднюю плотность замкнутых областей внутри границ, чтобы определить принадлежность области к одному из следующих видов: вещество (U), алюминий (Al), окружающая среда (Env), иное (Othr).
4. Если в шаге 3 найдены области вида «иное», отмечаем эти области как дефекты неоднородности.
5. Зная положение границ и виды того, что они разграничивают, выделяем следующие типы границ:
 - a. Al & Env (границы наружной и внутренней оболочки)¹.
 - b. U & Al (границы между оболочкой и веществом).
 - c. U & Env (границы между веществом и средой).

¹Здесь и далее для случая дефектоскопии пластин вместо наружной и внутренней алюминиевой оболочки следует иметь в виду верхний и нижний слой алюминия соответственно.

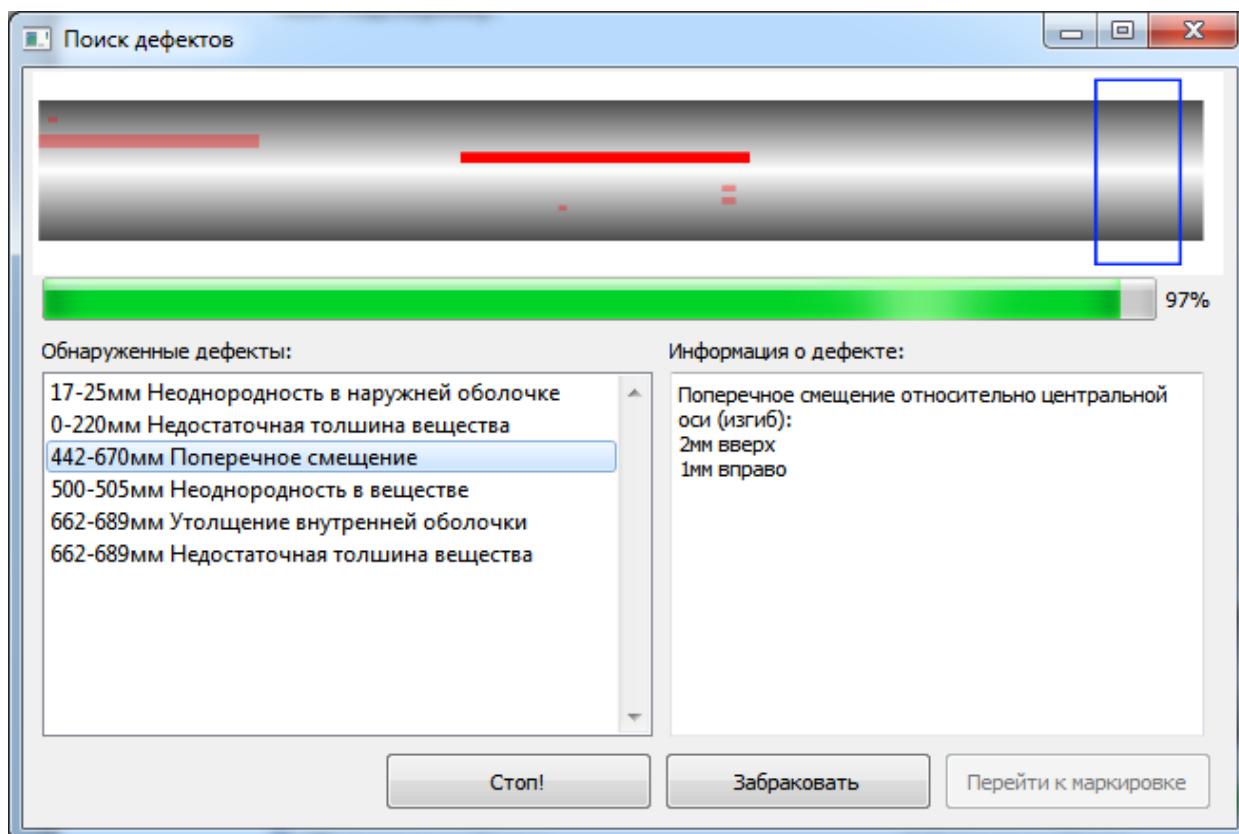
Это позволит определить местонахождение центра оболочек и вещества. А также определить их толщину.

6. Проверяем дефекты формы наружной оболочки и верхнего слоя пластины:
 - a. Для круглых труб проверяем, находится ли наружная оболочка в пределах, заданных DOut1 и DOut2.
 - b. Для шестигранных и четырёхгранных труб проверяем, вписывается ли каждый поперечный срез наружной оболочки в шаблон заданный параметрами DOut1 и DOut2 и радиусами скруглений R1 и R2.
 - c. Для пластин проверяем, находится ли верхний слой в пределах заданных DOut1 и DOut2.
7. По аналогии с шагом 6, выполняем проверку для внутренней оболочки и нижнего слоя пластины.
8. Находим толщину каждого из слоёв d1, d2, d3. Проверяем, не выходят ли за пределы допустимых отклонений. Это позволит выявить дефекты наплывов, утолщений, вмятин и утонений.
9. Определение изгибов:
 - a. Для труб определяем центр оболочек, основываясь на информации о границах, полученной в шаге 5. Имея координаты центра оболочек на каждом из срезов можно судить об изгибе ТВЭЛа. Проверяем, находится ли изгиб в допустимых пределах.
 - b. Для пластин вместо определения центра оболочек определяется срединная линия среза. На изображении в разделе 6.2.4 Пластина она обозначена синим пунктиром. Выполняется проверка, находится ли максимальное отклонение этой линии от центральной плоскости ТВЭЛа (b) в пределах допустимого.

6.4 Процесс дефектоскопии

На окне процесса поиска дефектов должны быть представлены следующие элементы:

1. Схематичное представление ТВЭЛа с обнаруженными дефектами. При отображении размера и положения дефектов учитывается только их линейные координаты относительно начала ТВЭЛа.
2. Здесь же отображается ориентировочное положение участка, на котором ведётся дефектоскопия в настоящий момент.
3. Прогресс-бар. Он должен отображать прошедшее время с начала дефектоскопии и оставшееся время до окончания.
4. Список обнаруженных дефектов. Для каждого дефекта указывается его тип и местоположение. При выборе дефекта из списка на схематичном представлении (1), дефект выделяется (например, более ярким цветом).
5. Подробная информация о выбранном дефекте. При выборе дефекта здесь отображаются его характеристики.
6. Кнопка «Стоп!» для прерывания процесса дефектоскопии.
7. Кнопка «Забраковать». (Досрочно) оканчивает процесс дефектоскопии и помечает ТВЭЛ как забракованный.
8. Кнопка «Перейти к маркировке». Становится доступной после окончания дефектоскопии. Позволяет перейти к процессу маркировки ТВЭЛа.



Все дефекты имеют характеристику начала и конца дефекта в миллиметрах относительно начала ТВЭЛа. Помимо этого дефекты характеризуются следующими параметрами:

1. Толщина оболочек, пластин и вещества:
 - a. Абсолютное значение величины отклонения от допустимого предела.
 - b. Относительное значение величины отклонения от допустимого предела в %.
2. Неоднородность:
 - a. Максимальная, средняя, минимальная плотности неоднородности.
 - b. Объём.
3. Смещение относительно центральной оси ТВЭЛа. Изгиб ТВЭЛа:
 - a. Отклонение от центральной оси в мм.
 - b. Отклонение от центральной оси в горизонтальной плоскости в мм.
 - c. Отклонение от центральной оси в вертикальной плоскости в мм.
4. Деформация оболочек, пластин:
 - a. Вид деформации: вогнутость/выгнутость участка оболочки или пластины.
 - b. Для труб: угол в поперечной плоскости ТВЭЛа, по которому можно определить местоположение данного дефекта.
 - c. Для пластин: координаты в поперечной плоскости ТВЭЛа, по которым можно определить местоположение данного дефекта.

Помимо перечисленных свойств дефектов, для случая дефектоскопии пластин области с дефектами должны быть сохранены в таком формате, который бы позволял иметь возможность в дальнейшем отобразить участки пластины с дефектами и без (как на изображении). Это необходимо чтобы при процессе маркировки пластины под обрезку можно было выкроить прямоугольник без дефектов.



На изображении схематичное представление ТВЭЛа в форме пластины вид сверху. Серым обозначена область без дефектов (пригодная для выкройки), красным области с дефектами.

7 Модуль ручной отметки аномалий

После сканирования ТВЭЛ и процесса дефектоскопии, необходимо предоставить оператору возможность осмотреть и проанализировать найденные аномалии и предоставить возможность отмечать аномалии вручную.

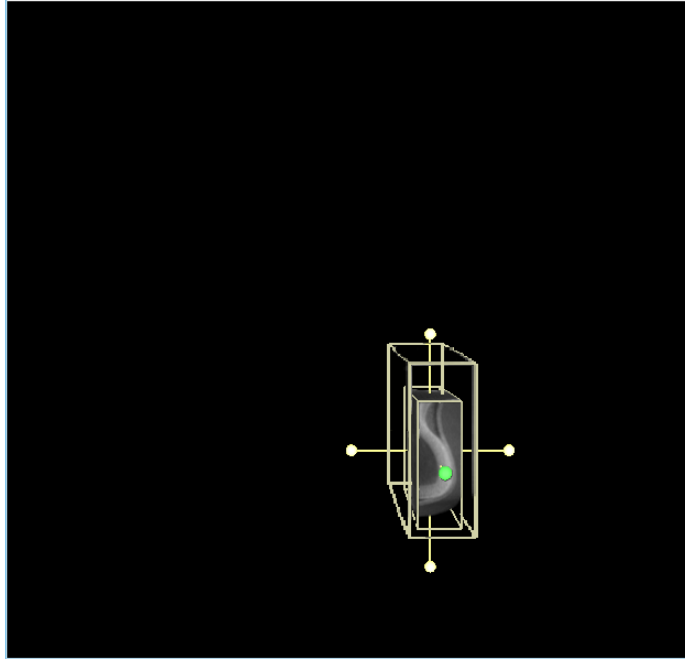
Для это в окне визуализации 3D модели, на самой модели необходимо выделить все найденные аномалии и дать возможность оператору корректировать их, так же необходимо предусмотреть возможность в ручную отмечать аномалии и давать им описание.

7.1 Обозначение аномалий

Аномалии обозначать на 3D модели с помощью параллелепипедов описывающих данные аномалии.



При выборе аномалии отображение 3D модели меняется таким образом, что видно только 2 параллелепипеда, один вложен в другой, внутренний параллелепипед, построен строго вокруг аномалии, второй, внешний параллелепипед - контекстный и нужен для просмотра области вокруг аномалии, размеры обоих параллелепипедов редактируются. Переключение между ними происходит с помощью кнопок на графическом интерфейсе пользователя.

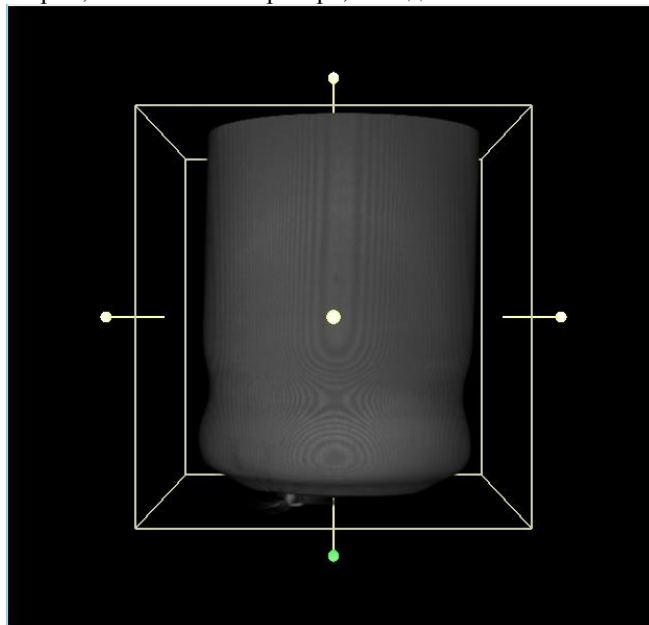


7.2 Поясняющий текст

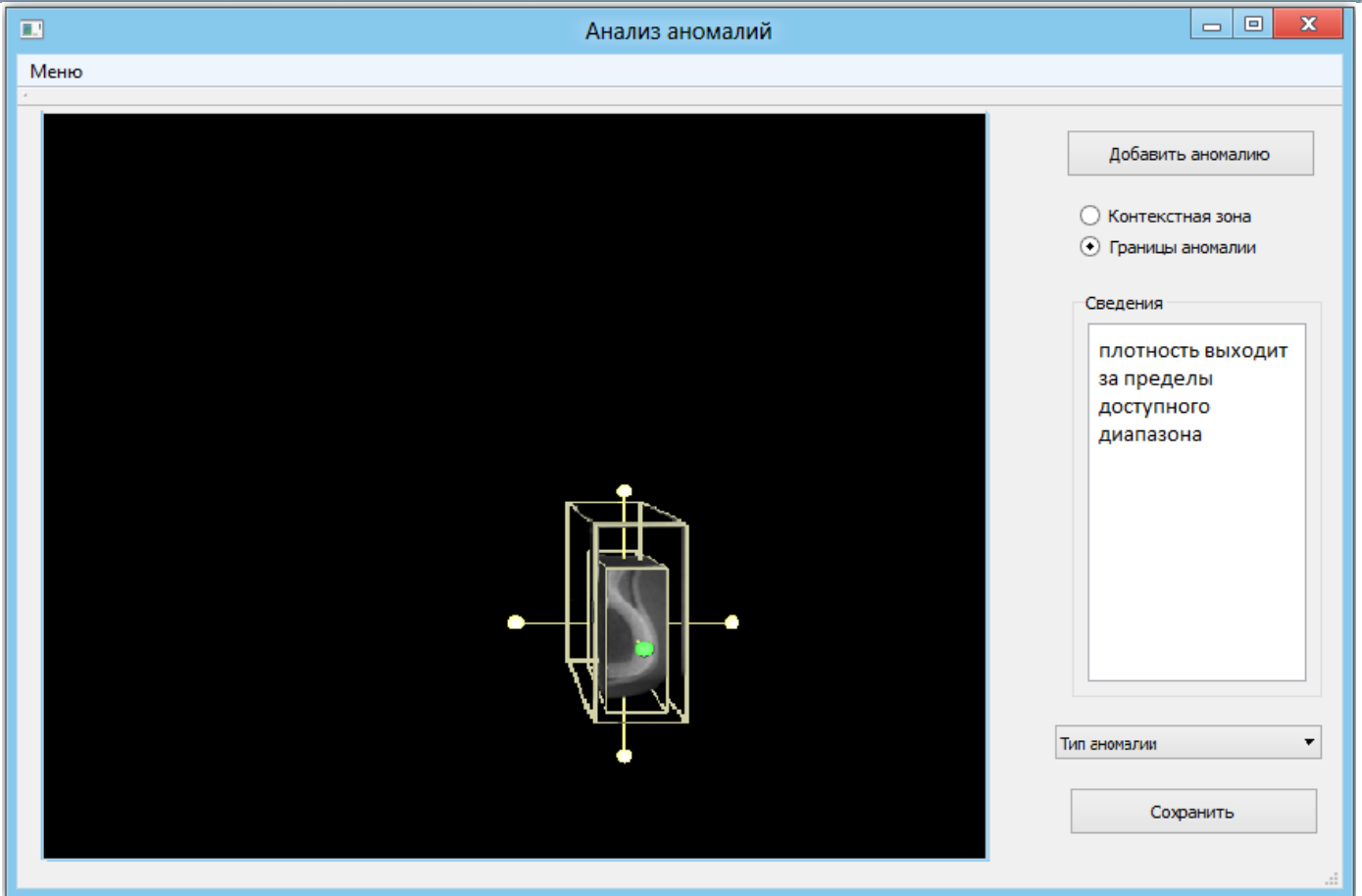
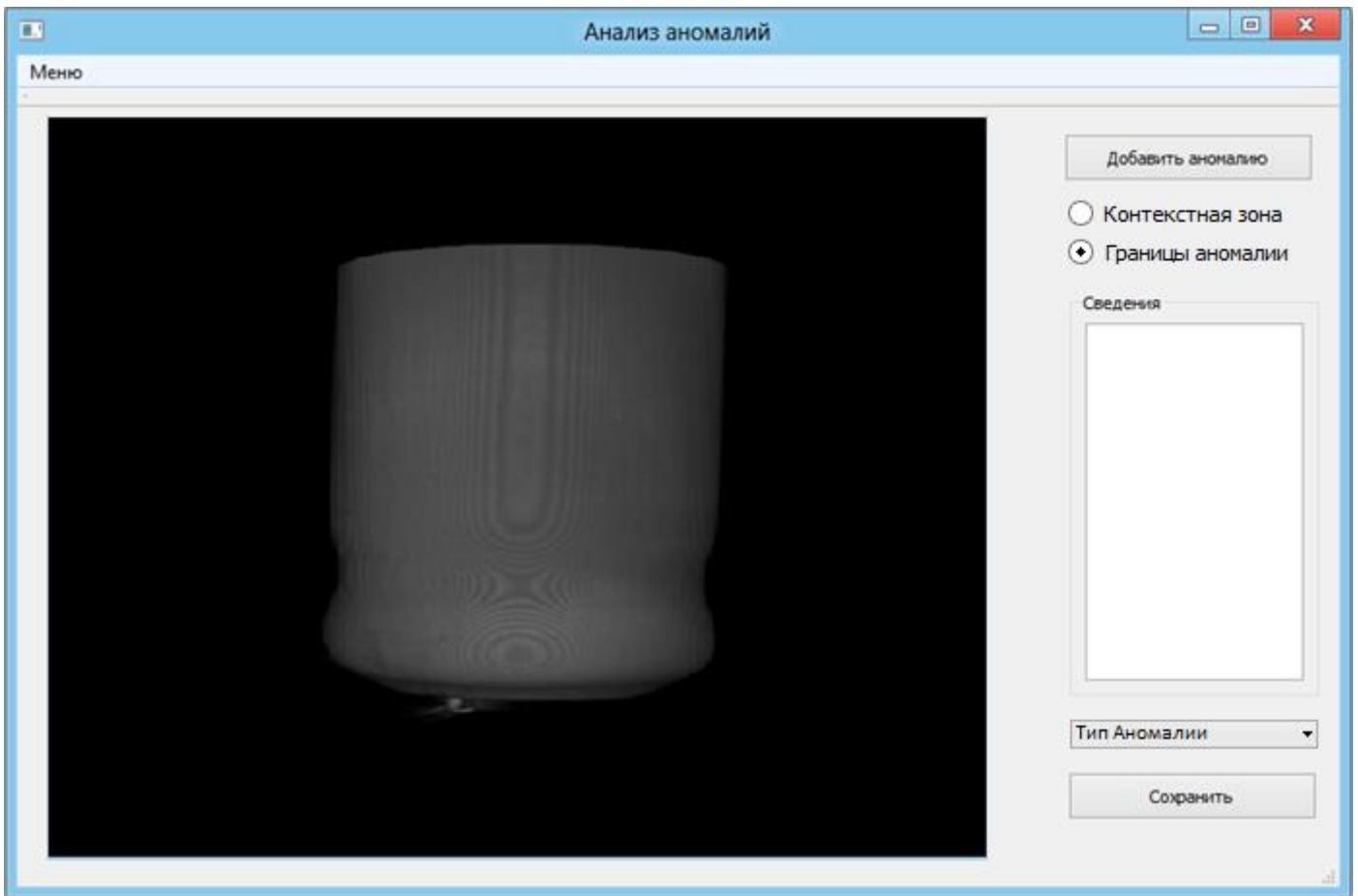
Предусмотреть на форме текстовое поле, на котором при выборе аномалии будет отображаться информация об аномалии, текст в данном поле также редактируемый.

7.3 Выделение новых аномалий вручную

Необходимо наличие функционала позволяющего вручную выделять аномалии и давать им пояснения. Для этого расположить на форме кнопку "добавить аномалию", при нажатии на которую предоставляется возможность обозначить на 3D модели область, внутри которой, по мнению оператора, находится аномалия не опознанная при дефектоскопии.



7.4 Вид окна



7.5 Хранение данных

Данные по аномалиям предлагается хранить в локальной базе SQLite. В таблице аномалии предусмотреть следующие поля:

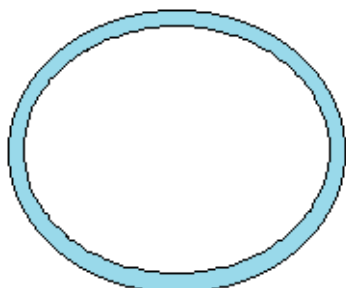
- ID - идентификатор аномалии.
- Object_ID - идентификатор объекта содержащего данную аномалию.
- X - координата по X.
- Y - координата по Y.
- Z - координата по Z.
- Height - Высота области аномалии.
- Width - Ширина области аномалии.
- X_Cont - координата по X для контекстного параллелепипеда.
- Y_Cont - координата по Y для контекстного параллелепипеда.
- Z_Cont - координата по Z для контекстного параллелепипеда.
- Height_Cont - Высота контекстного параллелепипеда.
- Width_Cont - Ширина контекстного параллелепипеда.
- Type - Тип аномалии.
- Description - Описание аномалии.

8 Модуль определения середины среднего слоя

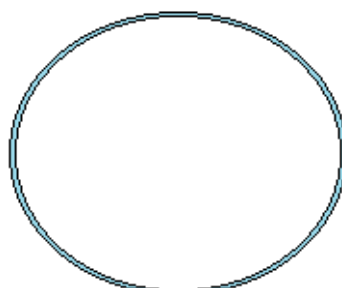
После определения аномалий, на стержне или листе необходимо проставить маркировку под обрезку. Для определения границ маркировки необходимо произвести маркировку так, чтобы максимизировать длину ТВЭЛ или площадь прямоугольника на листе. Таким образом, на ТВЭЛе необходимо найти середину среднего слоя.

Для поиска середины среднего слоя необходимо найти срезы в которых средний слой удовлетворяет условиям по толщине.

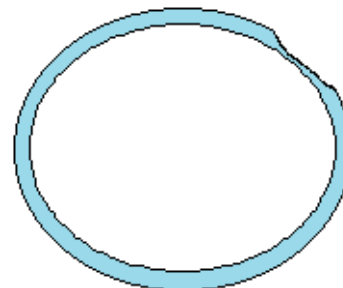
8.1 Труба с круглым сечением



Удовлетворяющий требованиям срез



Не удовлетворительный срез - малая толщина среднего слоя



Не удовлетворительный срез - имеется аномалия

Для определения удовлетворяет срез требованиям или нет, необходимо выполнить следующий алгоритм:

1. из центра пускается луч вверх;
2. выполняется поиск пересечений с средним слоем;
3. вычисляется ширина среднего слоя (должен быть не менее Δ);
4. луч поворачивается на угол ϕ ;
5. повторить с пункта 2, пока луч не пройдет 360° .

ϕ и Δ являются настроечными параметрами или будут вычислены после экспериментов над проекциями настоящих стержней.

Так же труба в срезе может представлять из себя квадрат и шестиугольник, для них алгоритм будет отличаться.

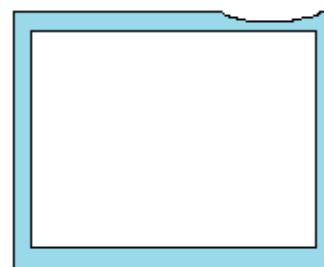
8.2 Труба с квадратным сечением



Удовлетворяющий требованиям срез



Не удовлетворительный срез - малая толщина среднего слоя



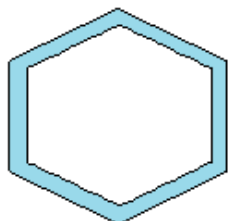
Не удовлетворительный срез - имеется аномалия

Алгоритм:

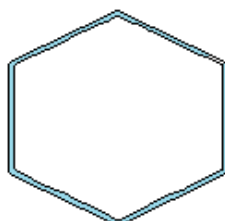
1. Стоится вертикальная ось через центр квадрата.
2. Из оси (в месте геометрического центра квадрата) выпускается луч перпендикулярный оси.
3. Выполняется поиск пересечений с средним слоем.
4. Вычисляется ширина среднего слоя (должен быть не менее Δ).
5. Выполняется шаг X вниз по шкале, и снова пускается луч, далее выполняются шаги 3 и 4.
6. В случае, если пересечение только одно, значит луч был пущен сквозь стену трубы перпендикулярную построенной оси, в этом случае выполняется возврат в центр и алгоритм выполняется также, но шаги делаются вверх.
7. Когда и этот проход достигнет верхней стенки, то алгоритм выполняется для другой стороны квадрата.
8. Далее строится горизонтальная ось и производится анализ верхней и нижней стенки трубы.

Шаг X является настроечным параметром.

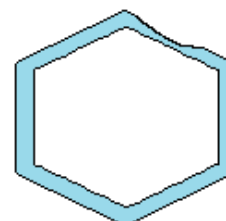
8.3 Труба с шестиугольным сечением



Удовлетворяющий требованиям срез



Не удовлетворительный срез - малая толщина среднего слоя



Не удовлетворительный срез - имеется аномалия

Алгоритм аналогично квадрату, но оси строится не 2, а 3 параллельно каждой паре параллельных граней.

8.4 Выбор последовательности

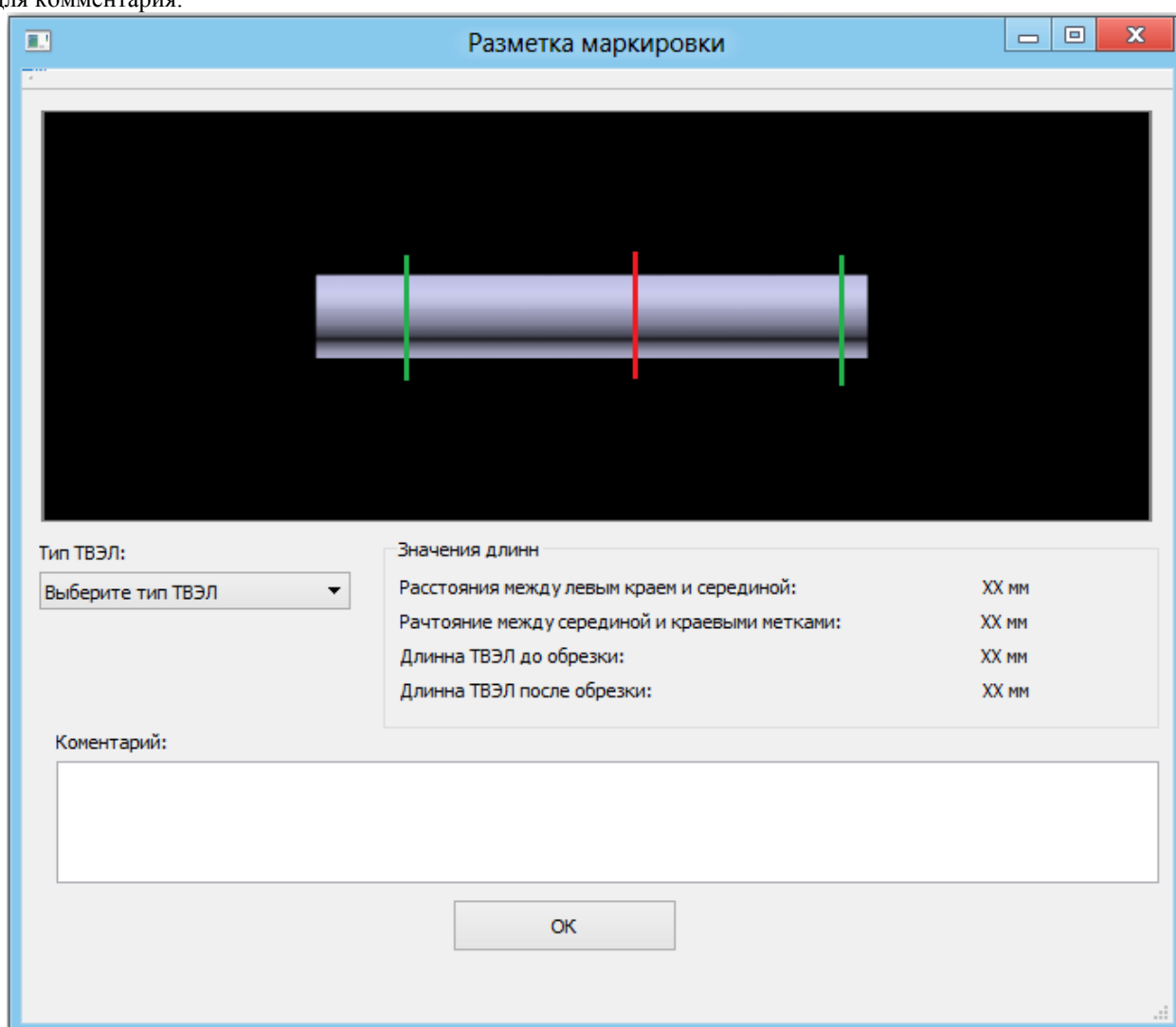
Далее ищем непрерывные последовательности срезов которые удовлетворяют требованиям. Выбираем наибольшую. Между ее краями будет находиться середина среднего слоя.



Координаты середины среднего слоя и дистанция от середины среднего слоя до края последовательности фиксируются в память.

8.5 Интерфейс маркировки труб

Пользователю предоставляется форма, на которой отображается ТВЭЛ с двумя параллельными линиями, помечаются места для маркировки под обрезку и линией, обозначающей середину среднего слоя, так же присутствует поле для комментария.

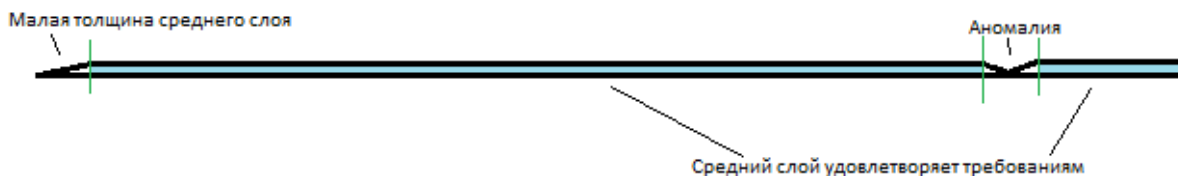


8.6 Определение координат маркировки для листа (прямоугольник)

Необходимо определить положение прямоугольника с заданными сторонами на криволинейном листе, возможно содержащим аномалии. Для этого на листе необходимо определить все области, на которых толщина листа приемлема и нет аномальных зон.

Для этого необходимо пройти по срезам листа и определить, на каких участках лист имеет удовлетворительные

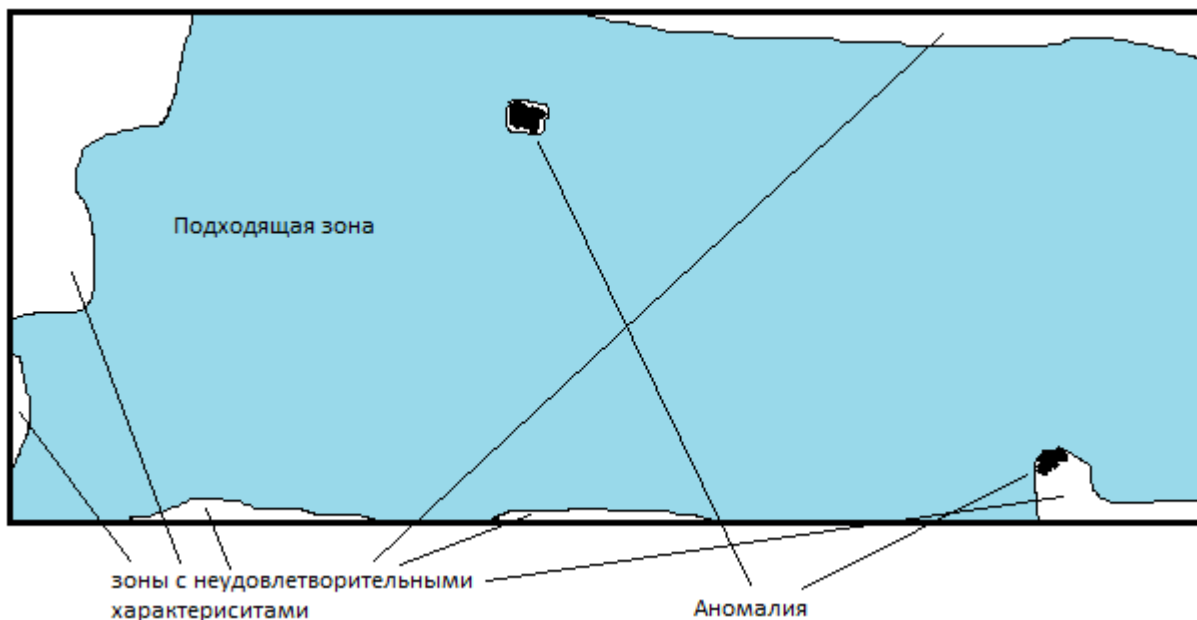
характеристики.



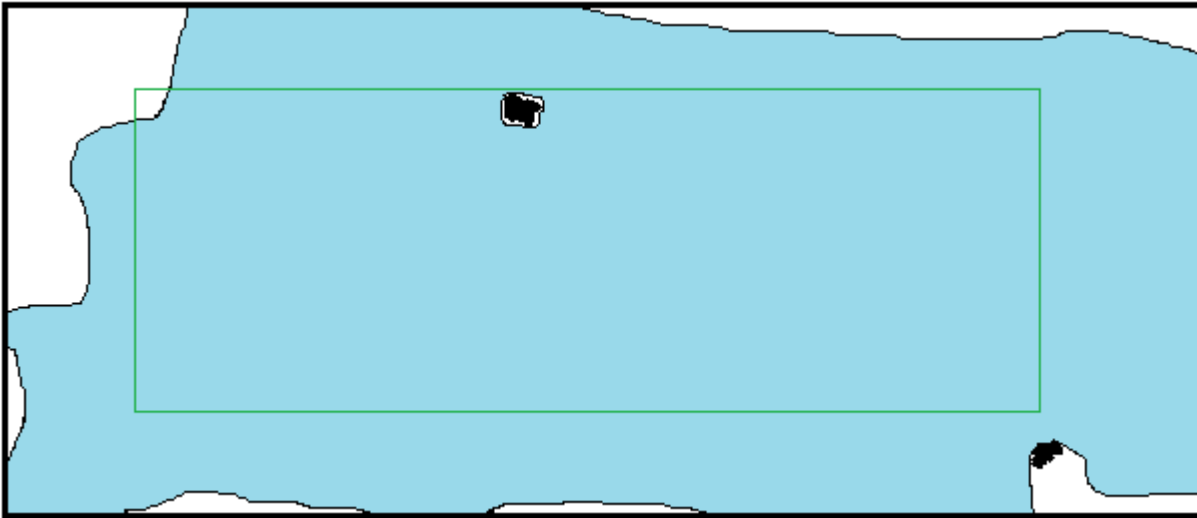
Алгоритм:

1. Оцениваем толщину у левого края (должен быть не менее Δ).
2. Делаем шаг X .
3. Выполняем шаг 1 и 2, пока не закончится лист.
4. Выполняем поиск непрерывных последовательностей срезов, которые удовлетворяют требованиям, фиксируем в памяти координаты начала и концов, удовлетворяющих условиям последовательностей.
5. Прodelываем то же самое со следующим срезом.

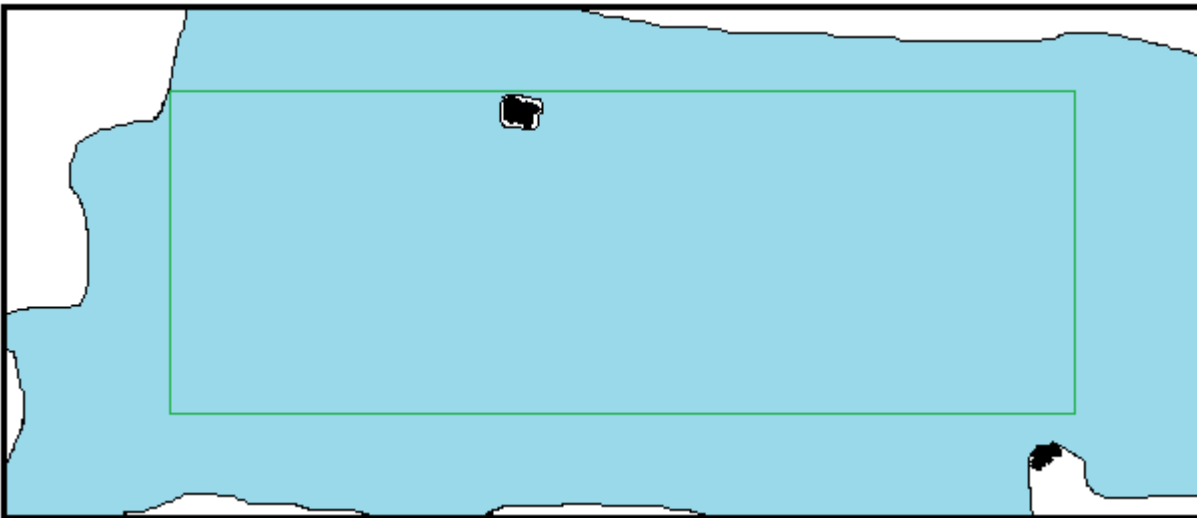
Шаг X и величина Δ являются настроечными параметрами.



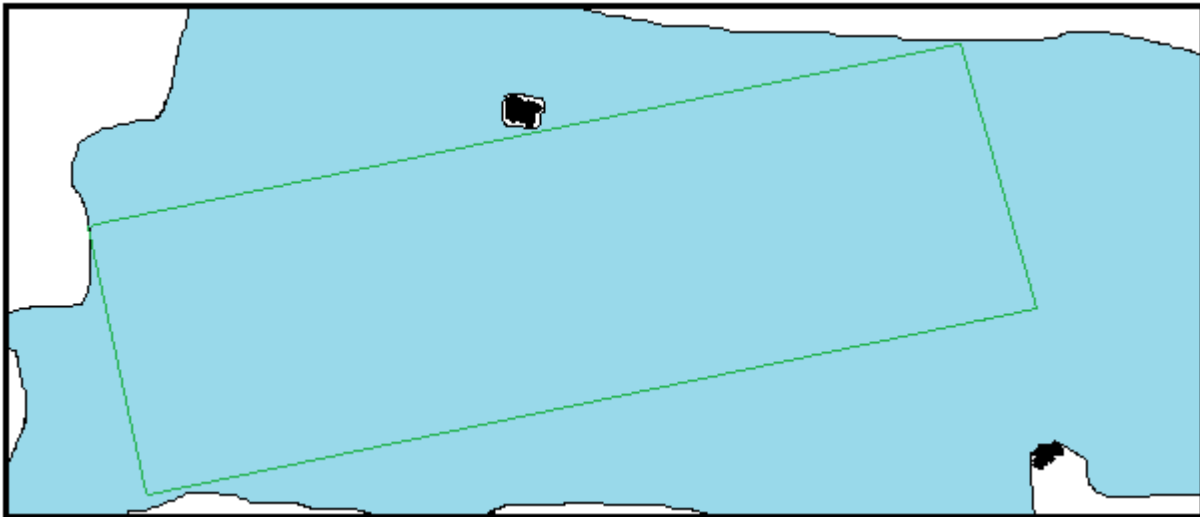
Далее, на области с удовлетворяющими характеристиками необходимо поместить прямоугольник с заданными величинами сторон. Для начала поместим прямоугольник в центре и, зная расположение зон неудовлетворяющих критериям, проверим, попадают ли такие зоны на площадь прямоугольника.



Как видим, попадают. Далее выполняем поворот прямоугольника по часовой на угол ϕ (настроечный параметр) и проверяем, попадают ли зоны непригодные для использования в область прямоугольника. Если попадают, поворачиваем еще на угол ϕ , и снова выполняем проверку. Продолжаем пока прямоугольник не повернется на 180° . Если все положения поворота не удовлетворяют условиям, тогда проверяем, попадают ли ребра прямоугольника на зоны непригодные для использования. Если попадают, начинаем выполнять сдвиг прямоугольника, чтобы сторона оказалась за зоной неудовлетворительной для использования, со следующей последовательностью: слева направо, сверху вниз, справа налево и снизу вверх. Если сдвиг приведет к выходу за пределы листа, то такой сдвиг пропускается. Сначала прямоугольник сместится влево. После сдвига вновь выполняем поворот на угол ϕ и выполняем проверки, пока не пройдем 180° или не найдем такую область в которой прямоугольник расположится так, чтобы не иметь аномалий на своей площади. В данном случае таких областей не будет.



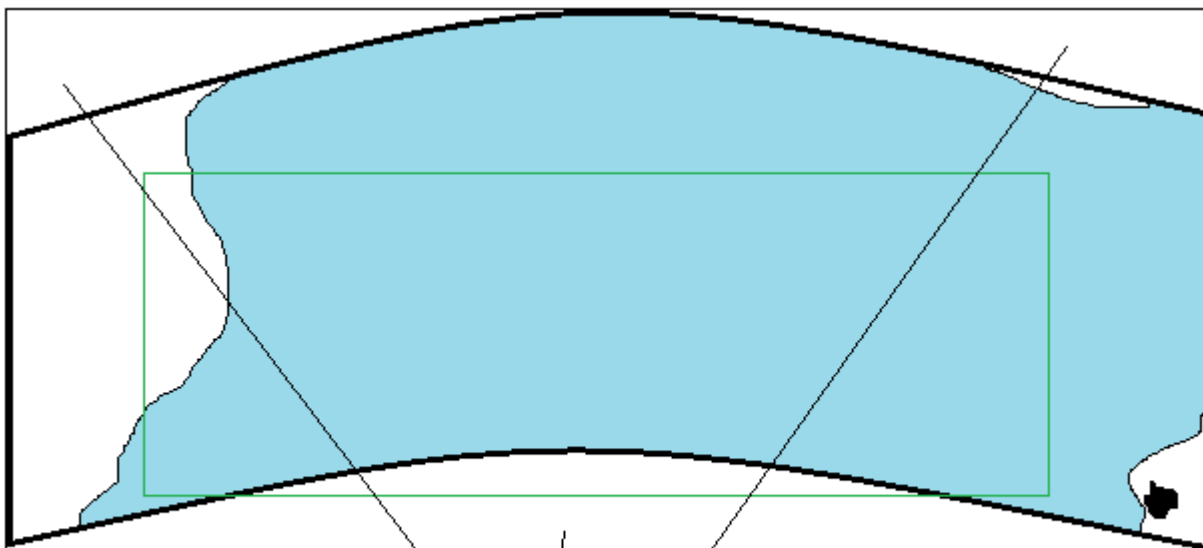
Далее не осталось граней прямоугольника которые находятся внутри зон с неподходящими характеристиками. Но на площади прямоугольника все равно имеются не подходящие зоны. Так как границы этой зоны известны, то продолжаем смещать прямоугольник. Далее идет смещение сверху вниз. И начинаем выполнять повороты на угол ϕ и после некоторого количества итераций находим подходящую площадь.



Найдена площадь, из которой можно вырезать прямоугольник со сторонами заданной величины. В случае, если за один круг не нашлось такой зоны, куда бы поместился прямоугольник, то выполнять смещения еще 10 кругов, в случае, если все равно не будет найдено, значит на листе не получится разместить прямоугольник.

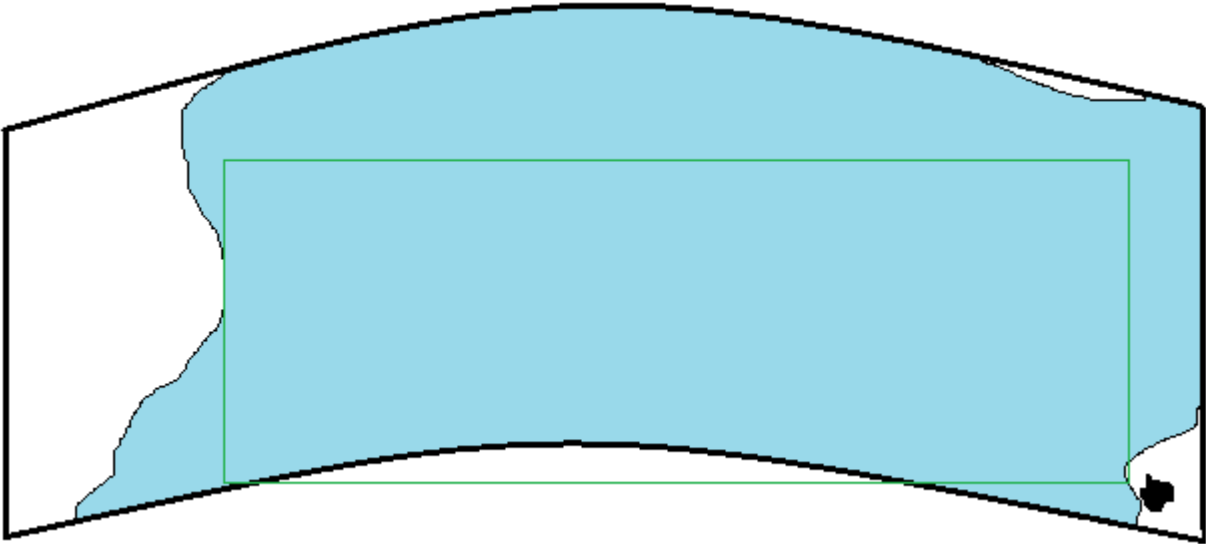
Для листа, представляющего из себя не прямоугольник, алгоритм так же будет работать.

Расположение прямоугольника в центре листа. Вокруг Листа достраивается прямоугольник, новые достроенные зоны считаются как часть листа, но не подходящего качества.

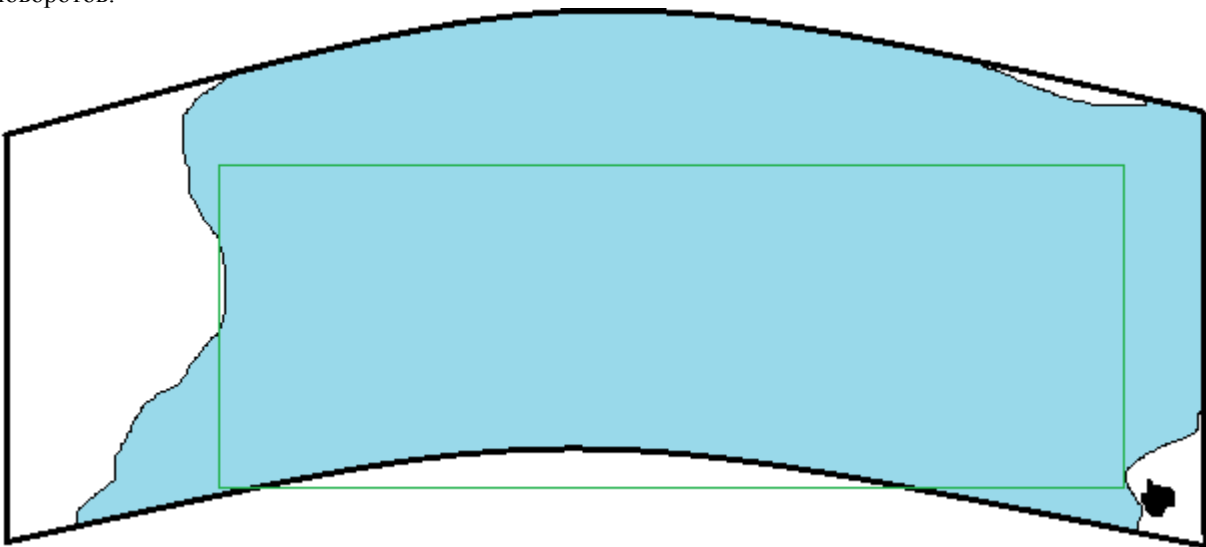


Зоны с неудовлетворительными характеристиками

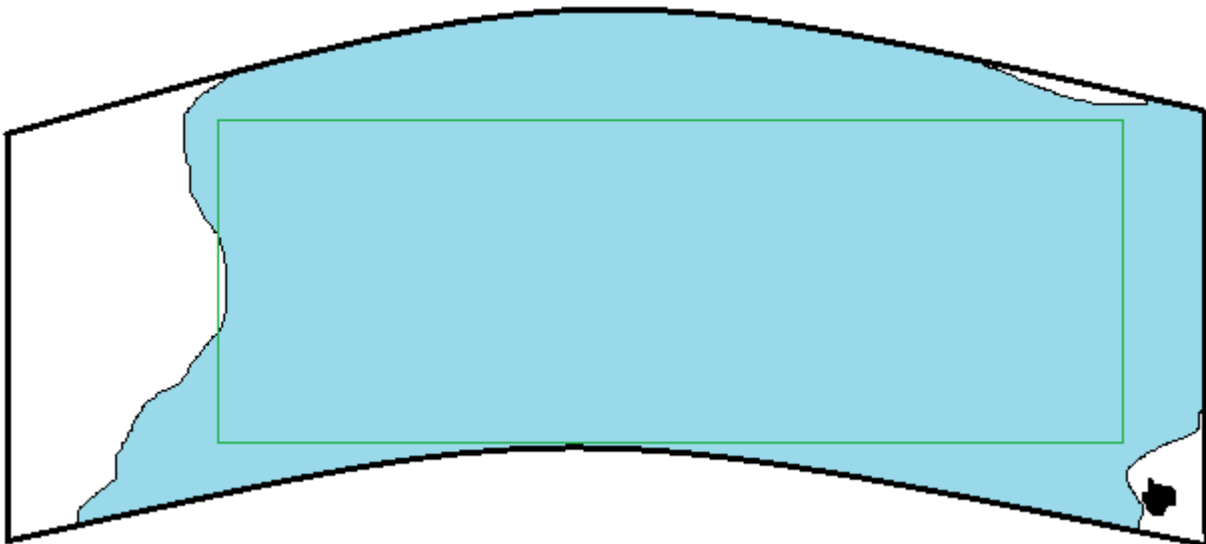
Смещение влево и выполнение поворотов.



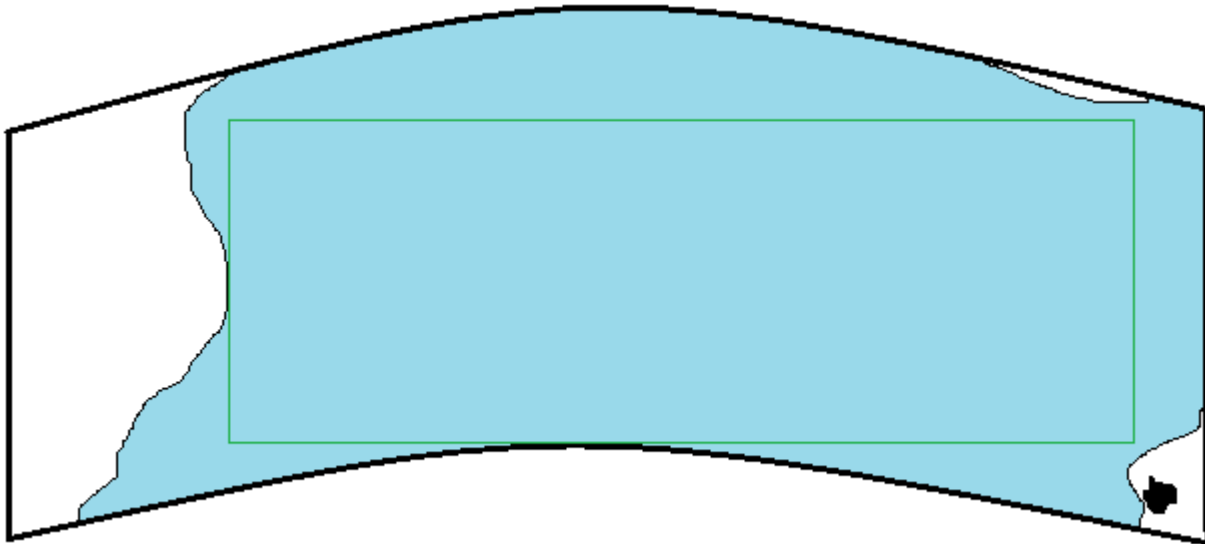
Смещение вниз пропускается, так как приведет к выходу за пределы листа, смещение вправо и выполнение поворотов.



Далее смещение снизу вверх и выполнение поворотов.



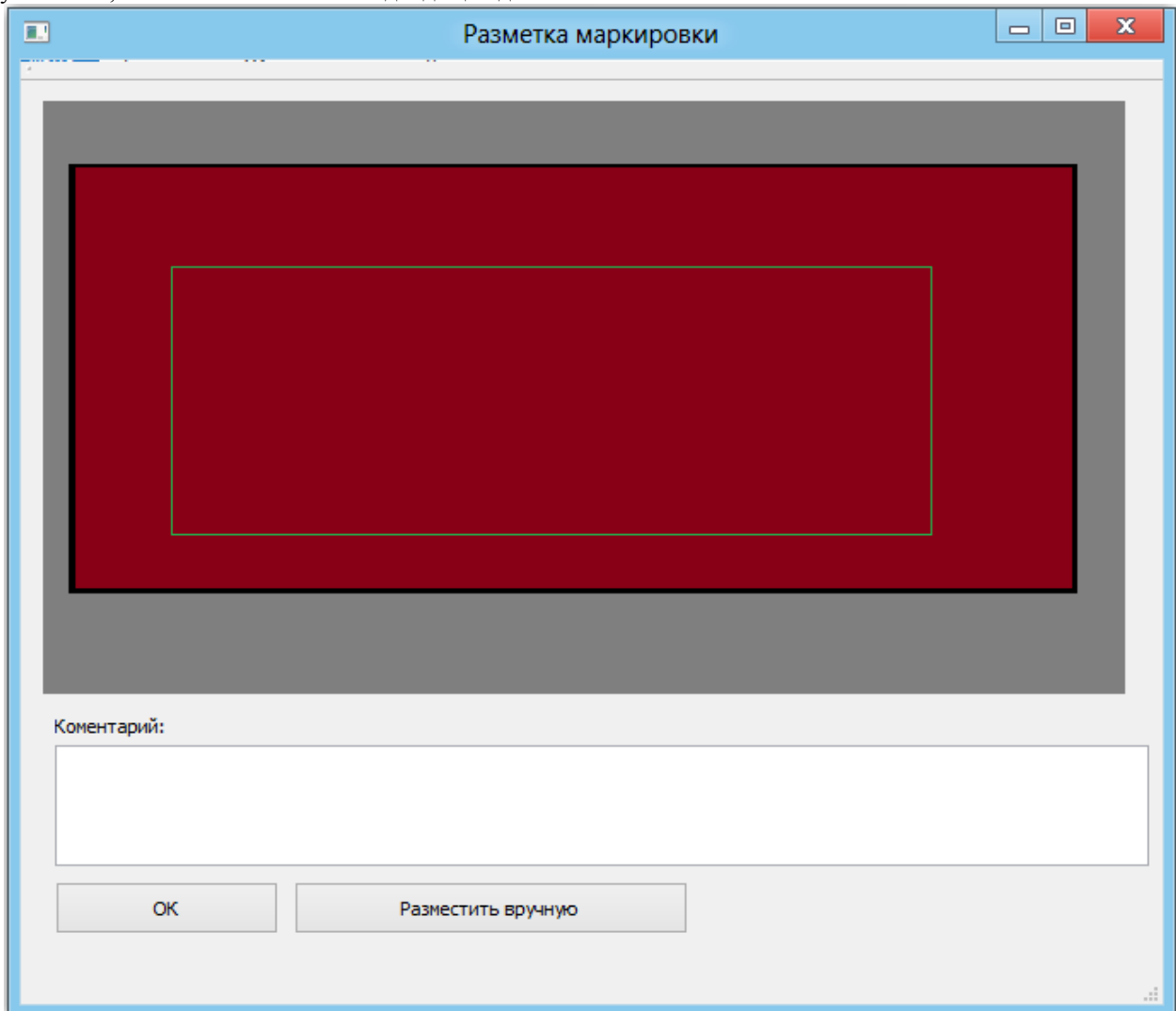
И последнее смещение, уже на втором круге, слева на право.



Прямоугольник под маркировку найден.

8.7 Интерфейс маркировки пластин

Пользователю предоставляется форма, на которой отображается лист, на котором зеленым цветом изображен прямоугольник маркировки, так же присутствует поле для комментария и кнопка, включающая ручное размещение прямоугольника, с показом всех зон не подходящих для итогового листа.



9 Порядок контроля и приемки

Подрядчик представляет Заказчику результаты работ в соответствии с перечнем и в сроки, определенные в Календарном плане работ.

Должны быть проведены комплексные испытания разработанного программного комплекса на оборудовании Заказчика, включающие в себя следующие работы:

- проведение внутренних испытаний доработанного программного комплекса ИСУМ;
- исправление найденных дефектов;
- оформление акта готовности к вводу в промышленную эксплуатацию.

Для организации комплексных испытаний (приемо-сдаточных испытаний) на оборудовании Заказчика, Подрядчик обязуется предоставить исчерпывающую техническую информацию для организации тестового стенда на оборудовании Заказчика.