

Разработка адаптивного метода оценки  
характеристик инспекционных досмотровых  
комплексов с функцией распознавания  
материалов объектов контроля

Студент ТПУ группы 151Б40

Ван Цзяшуо

Руководитель:

Ведущий научный сотрудник РКНЛ РКД

Осипов С.П.

Цель работы – исследовать влияния флуктуаций параметров пучка тормозного излучения от импульса к импульсу на качество распознавания материалов методом дуальных энергий, разработать способ оценки флуктуаций параметров пучка и включить его в алгоритм распознавания материалов и экспериментально проверить применимость его на практике.

- методом математического моделирования исследовать влияние неустойчивости параметров пучка импульсного тормозного излучения на точность определения параметров распознавания;
- разработать алгоритм экспериментального исследования трансформации шумов в методе дуальных энергий;
- разработать алгоритм измерения флуктуаций параметров импульсного тормозного излучения;
- разработать программу в системе математических вычислений MathCad для оценки флуктуаций параметров импульсного тормозного излучения;
- провести экспериментальную оценку флуктуаций параметров импульсного тормозного излучения.

## бетатрона

$I$ , ед. АЦП

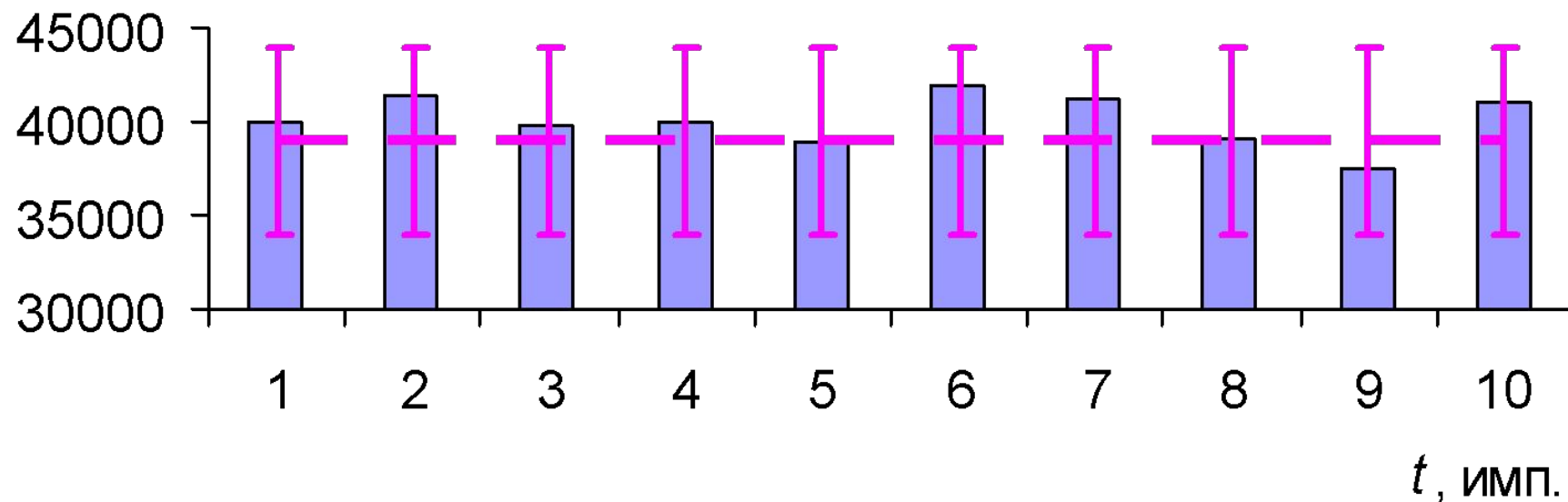


Рисунок 1 – Типичный вид последовательности сигналов от бетатрона:

— — средний уровень цифрового сигнала;

I — среднеквадратическое отклонение сигнала

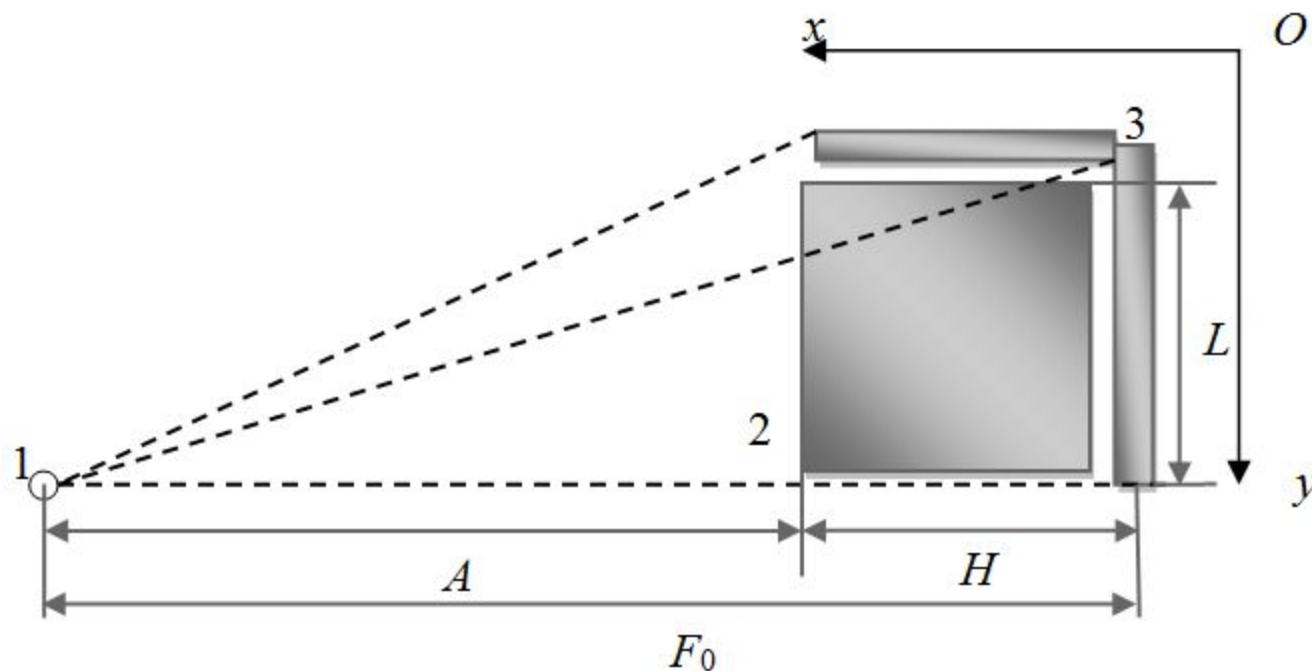


Рисунок 2 – Геометрическая схема досмотрового контроля  
1 – источник излучения; 2 – объект контроля; 3 – линейка детектора

Тогда с учётом темнового сигнала радиометрического детектора (сигнал при выключенном ИТИ) в соответствии с подходом из работы аналоговый сигнал на его выходе в первом приближении пропорционален величине

$$J(\rho H, Z) = \sum_{i=1}^n \alpha_i I_i(\rho H, Z) + \sum_{i=1}^n I_{iD} \quad (1)$$

В формуле (1) все случайные величины  $\alpha_i$ ,  $I_i(\rho H, Z)$ ,  $I_{iD}$ ,  $i=1 \dots n$  являются взаимно независимыми и для их средних значений и дисперсий выполняются следующие условия

$$\overline{\alpha_i} = 1, \sigma^2 \alpha_i = \sigma^2 \alpha, \overline{I_i(\rho H, Z)} = \overline{I(\rho H, Z)}, \quad (2)$$

$$\overline{I_{iD}} = I_D, \sigma^2 I_i(\rho H, Z) = \sigma^2 I(\rho H, Z), \sigma^2 I_{iD} = \sigma^2 I_D. \quad (3)$$

Случайные величины  $I_i(\rho H, Z)$ ,  $i=1 \dots n$  представляют собой энергию  $i$ -го импульса тормозного излучения, оставленную в РЧП детектора, с учётом ослабления излучения барьером с параметрами  $\rho H$  и  $Z$ . Выражение для вычисления  $I_i(\rho H, Z)$  имеет вид

$$I_i(\rho H, Z) = N_0 \int_0^{\overline{E_{\max}}} \overline{E_{ab}(E, h)} f(E, \overline{E_{\max}}) e^{-m(E, Z)\rho H} \varepsilon(E, h) dE \quad (4)$$

где  $N_0$  – среднее число рентгеновских фотонов, пересекающих фронтальную поверхность детектора за длительность импульса в случае отсутствия ОК;  $\overline{E_{ab}(E, h)}$  – среднее значение поглощённой энергии фотона с энергией  $E$ , испытавшего взаимодействие с чувствительным объёмом детектора;  $\overline{E_{\max}}$  – среднее значение максимальной энергии тормозного излучения;

$$\sigma^2 J(\rho H, Z) = n I(\rho H, Z)^2 \left( \delta^2 \alpha + \frac{\eta^2(\rho H, Z)}{N(\rho H, Z)} + \frac{\sigma^2 I_D}{I(\rho H, Z)^2} \right) \quad (5)$$

где  $\eta$  – коэффициент накопления флуктуаций поглощённой энергии

$$\overline{N(\rho H, Z)} = N_0 \int_0^{\overline{E_{\max}}} f(E, \overline{E_{\max}}) e^{-m(E, Z)\rho H} \varepsilon(E, h) dE \quad (6)$$

Квадрат коэффициента накопления флуктуаций поглощенной энергии  $\eta^2(\rho H, Z)$  находится по формуле из (6)

$$\eta^2(\rho H, Z) = \frac{\int_0^{\overline{E_{\max}}} E_{\text{ab}}^2(E) f(E, \overline{E_{\max}}) e^{-m(E, Z)\rho H} \varepsilon(E, h) dE}{\left( \int_0^{\overline{E_{\max}}} E_{\text{ab}}(E) f(E, \overline{E_{\max}}) e^{-m(E, Z)\rho H} \varepsilon(E, h) dE \right)^2} \quad (7)$$

Где  $\overline{E_{\text{ab}}^2(E)}$  – среднее значение и среднее квадрата поглощенной в детекторе энергии

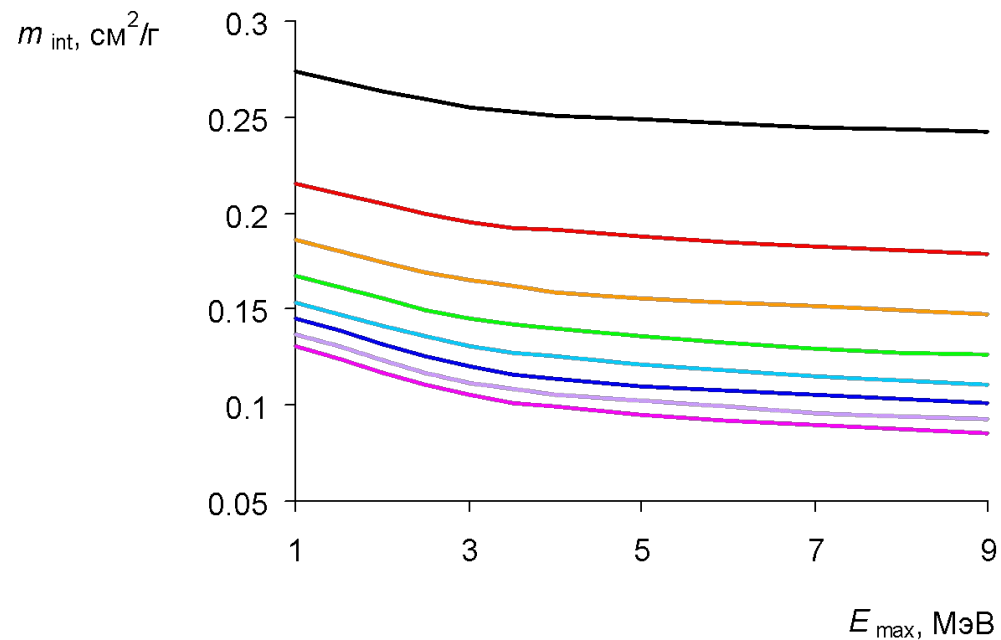


Рисунок 2.1 – Зависимости  $m_{int}(E_{max})$ :  
 —  $\rho H=10$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=20$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=30$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=40$  г/см<sup>2</sup>;  
 —  $\rho H=50$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=60$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=70$  г/см<sup>2</sup>; —  $\rho H=80$  г/см<sup>2</sup>



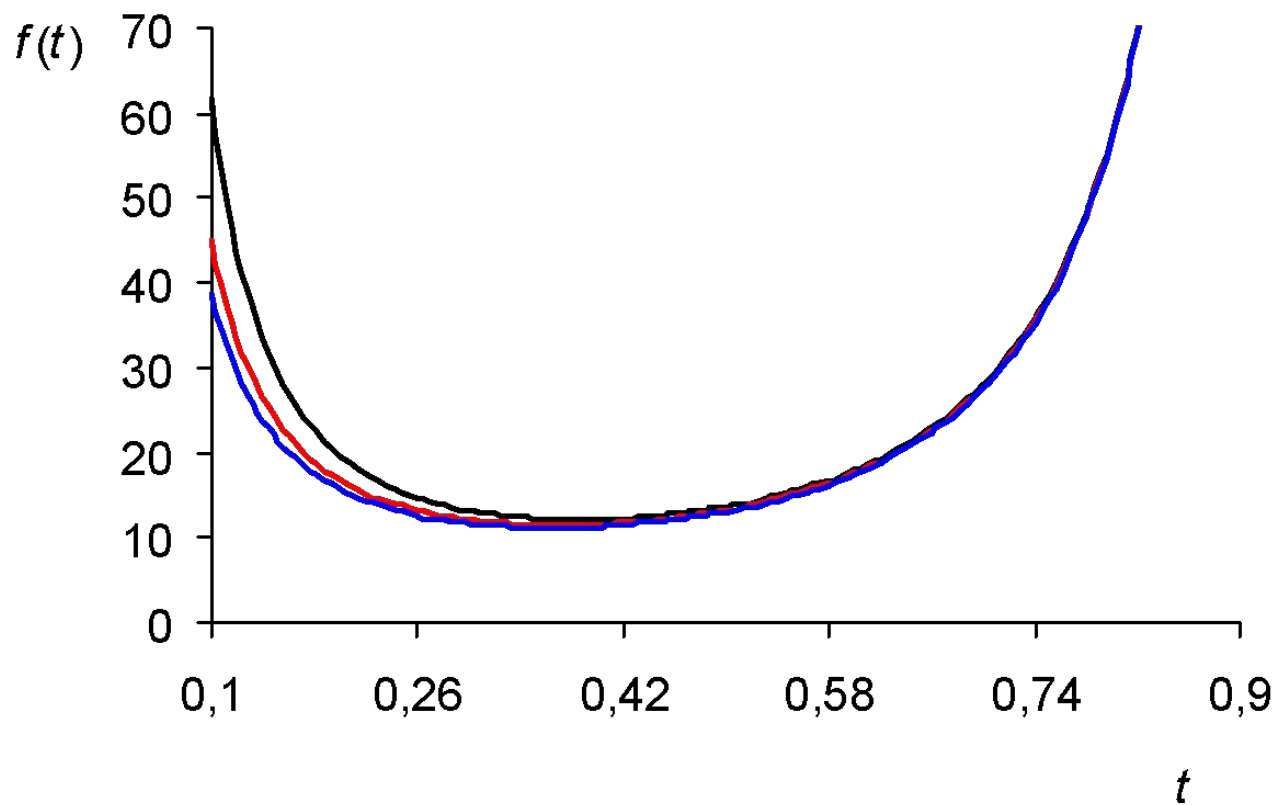


Рисунок 3.1 – Типичные зависимости  $f(t)$ :  
—  $a=0,2, \delta\alpha=0,2$ ; —  $a=0,1, \delta\alpha=0,1$ ; —  $a=0,01, \delta\alpha=0,01$

## Заключение

---

Основным результатом работы является совокупность алгоритмов, позволяющих отследить изменение технического состояния инспекционного досмотрового комплекса с функцией распознавания материалов объектов контроля и их структурных фрагментов методом дуальных энергий.

1. Математическая модель инспекционных досмотровых комплексов с функцией распознавания материалов объектов контроля дополнена блоком, предназначенным для учёта влияния нестабильности параметров излучения от импульса к импульсу на качество распознавания.
2. Подход к экспериментальному исследованию трансформации шумов в методе дуальных энергий на этапах калибровки по «чёрному», нормировки на показания с опорного канала, калибровки по «белому».
3. Алгоритмы измерения мощности дозы излучения от импульса к импульсу.

4. Алгоритм оценки остаточных флуктуаций мощности дозы в случае применения опорных каналов.
5. Экспериментальная оценка темновых сигналов радиометрических детекторов и степени их однородности.
6. Экспериментальное определение флуктуаций мощности дозы излучения от импульса к импульсу на основе измерений ослабления воздухом.
7. Экспериментальная оценка остаточных флуктуаций мощности дозы излучения от импульса к импульсу.
8. Разработаны рекомендации по дополнению программы для обработки информации, с целью распознавания материалов объектов контроля.
9. Разработана программа в системе математических вычислений MathCad, предназначенная для оценки технического состояния системы детекторов и детектирования.

Спасиба за внимание!