

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»



Касымжанов Рустам Тагирулы

Исследование возможности модернизаций установок досмотра для аэропортов

**Дипломная работа**

Специальность 5В071600 – Приборостроение

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева



Кафедра «Робототехники и технических средств автоматике»

Институт автоматике и информационных технологий



**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой РТиТСА  
кандидат техн.наук  
К. А. Ожикенов  
«26» мая 2022 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Исследование возможности модернизаций установок досмотра для аэропортов»

по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил

Рецензент *Кандидат тех-наук,*  
*Джамартова А.А. профессор*

(звание, науч степень)

*А.А.* *Джамартова А.А.*

подпись

ФИО

«26» мая 2022 г.



Касымжанов Рустам

Научный руководитель  
ассоциированный профессор

*А.А.* Туякбаев А.А.

«22» мая 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева  
Институт автоматики и информационных технологий  
Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»  
5B071600 – Приборостроение



**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой РТиТСА  
кандидат техн.наук  
К. А. Ожикенов  
« 26 » мая 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся Касымжанове Рустаме Тагирулы

Тема: Исследование возможности модернизаций установок досмотра для аэропортов

Утверждена приказом Ректора Университета №489-Ө/П от «24» декабря 2021 г.  
Срок сдачи законченной работы «28» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломному проекту: методы детектирования взрывчатых веществ, техническая документация внутреннего устройства аппарата МРТ.

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломном проекте:

- а) Изучение принципа воздействия магнитного поля на молекулы веществ;
- б) Изучение принципа работы медицинского аппарата МРТ;
- в) Изучение возможности модернизаций медицинского аппарата МРТ для регистраций молекул взрывчатых веществ;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*представлены 17 слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: *из 6 наименований 9*

**ГРАФИК**  
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Основная часть	22.03.2022 - 01.04.22	Всп. А. Туя
Экспериментальная часть	02.04.22 - 07.04.22	Всп. А. Туя
Практическая часть	04.05.22 - 10.05.22.	Всп. А. Туя

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченный проект с указанием  
относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Кальменов Е.Т, магистр технических наук, лектор	21.05.2022	

Научный руководитель А. Туя Туякбаев А.А.

Задание принял к исполнению обучающийся Р.К.С Касымжанов  
Рустам

Дата

"22" май 2022г.

## АҢДАТПА

Бұл жұмыстың мақсаты әуежайларда әртүрлі агрегаттық күйлердегі жарылғыш заттарды анықтауға арналған аппаратты әзірлеу болып табылады. Осы мақсатта осы міндеттерге модернизацияланған МРТ аппаратын қолдану ұсынылады.

Бірінші тарауда жолаушыны және оның мүлкін тыйым салынған заттар мен заңсыз жүктерді тексерудің негізгі кезеңдері сипатталған. Жарылғыш заттарды анықтаудың қолданыстағы әдістері сипатталған. Жарылғыш заттарды анықтау қондырғыларының жұмыс принципі және олардың кемшіліктері. Мәселені шешудегі өзіндік тәсіл сипатталған.

Екінші тарауда заттар атомдарының кванттық қасиеттері сипатталған. МРТ аппаратының жұмыс принципі ашылды. МРТ медициналық аппаратының негізгі компоненттері сипатталған. Модельдеу нәтижелерін көрсету MRI медициналық аппаратының динамикалық моделі. Бағажды тексеру үшін конвейерге біріктірілген МРТ аппаратының моделі сипатталған. Құрастыру құнын төмендету және пайдалануды жеңілдету үшін ішкі құрылғының кейбір өзгерістерімен.

Әуежайларда бағажды тексеру үшін MRI медициналық аппаратын қолдану мүмкіндігі туралы зерттеу жүргізілді. Авиациялық қауіпсіздік жүйесіне интеграциялау үшін динамикалық модельдеу көмегімен МРТ аппаратының дизайнына бірқатар өзгерістер ұсынылды.

## АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является разработка аппарата для детектирования взрывчатых веществ различных агрегатных состояний в аэропортах. С этой целью предлагается применение аппарата МРТ, который модернизирован под эти задачи.

В первой главе описываются основные ступени досмотра пассажира и его имущества на наличие запрещённых веществ и незаконных грузов. Описаны существующие методы детектирования взрывчатых веществ. Принцип работы установок детектирования взрывчатых веществ и их недостатки. Описывается собственный подход в решении поставленной задачи.

Во второй главе описывается квантовые свойства атомов веществ. Раскрывается принцип работы аппарата МРТ. Описываются основные компоненты медицинского аппарата МРТ. Показаны результаты симуляций динамической модели работы медицинского аппарата МРТ. Описана модель аппарата МРТ интегрированного в конвейер для досмотра багажа с некоторыми изменениями внутреннего устройства для снижения стоимости сборки и упрощения эксплуатаций.

Была проведена работа по исследованию возможности применения медицинского аппарата МРТ для досмотра багажа в аэропортах. Предложены ряд изменений в конструкции самого аппарата МРТ с помощью динамической симуляции с целью интеграции его в систему авиационной безопасности.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to develop a device for detecting explosives of various aggregate states at airports . For this purpose, it is proposed to use an MRI machine, which has been upgraded for these tasks.

The first chapter describes the main stages of inspection of a passenger and his property for the presence of prohibited substances and illegal cargo. The existing methods of detecting explosives are described. The principle of operation of explosives detection installations and their disadvantages. The author describes his own approach to solving the problem.

The second chapter describes the quantum properties of atoms of substances. The principle of operation of the MRI machine is revealed. The main components of the medical MRI apparatus are described. The results of simulations of the dynamic model of the medical MRI machine are shown. A model of an MRI machine integrated into a conveyor for baggage inspection is described. With some changes to the internal structure to reduce the cost of assembly and simplify operations.

A study was carried out on the possibility of using a medical MRI machine for baggage screening at airports. A number of changes in the designs of the MRI device itself are proposed using dynamic simulations in order to integrate it into the aviation security system.

СОДЕРЖАНИЕ	
Введение	9
1. Анализ современного состояния средств досмотра в аэропортах	10
1.1. Современные технологии досмотра	10
1.2. Методологические основы рассматриваемой 8 проблемы	11
1.3. Собственный подход в решении поставленной задачи 9	13
2. Аналитическая глава	16
2.1. Физические основы спина	24
2.2. Устройство медицинского аппарата МРТ	24
2.3. Основные компоненты и технические характеристики устройства МРТ для досмотра в аэропортах	27
Заключение	31
Список литературы	32
Приложение	33

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Многие аппараты досмотра не способны различать запрещённые вещества по их гамма спектру или по их молекулярным массам от безопасных веществ.

В дипломной работе проведено теоретическое исследование аппарата магнитно-резонансной томографии для определения частиц пыли и паров опасных веществ. Устройство поможет решить проблему с одноразовостью деталей, в результате чего эти устройства долгое время простаивают на складе. Принцип работы аппарата магнитно-резонансной томографии заключается в создании постоянного магнитного поля, где частицы паров или пыли взрывчатого вещества попадают в магнитную ловушку, где происходит изменение спина атома вещества, которое затем после прекращения магнитного воздействия начинает испускать радиосигнал определённой частоты.

Степень разработанности. Имеется чёткая архитектура проектируемого устройства. Разработан математический аппарат для определения параметров изделия.

Объектом исследования: химические свойства взрывчатых веществ.

Предметом исследования: разработка аппарата для детектирования запрещённых веществ.

Целью работы: найти новые физические методы для детектирования взрывчатого вещества.

Методологическая основа. Книги, научные статьи, инструкции работы устройств.

Положения, выносимые на защиту:

1. Аппарат магнитно-резонансной томографии, который модернизирован для детектирования подозрительных объектов.

2. Динамическая модель и её симуляция с целью получения практических данных.

Научная новизна работы. Предложен аппарата, который должен иметь ряд преимуществ:

- Применение деталей с большим сроком службы.

- Предлагается новый физический принцип для определения частиц взрывчатых веществ, которые могут находиться в различных агрегатных состояниях.



# 1 Аналитический обзор

## 1.1 Современные технологии досмотра

Основные ступени досмотра:

- металлоискатели;
- устройства радиационного контроля;
- системы телевизионного и визуального контроля;
- детекторы запрещённых веществ;
- рентгеновские системы досмотра багажа (интроскопы) и пассажира.[1]

Любые металлические изделия по действием магнитного поля будут нарушать проводимость тока в катушке металлоискателя. Вольтметр засекая изменения напряжения сразу сигнализирует о наличии у пассажира металлического изделия. Это устройство используется везде, в таких местах как: при досмотре пассажира подъезда, в ночном клубе, при проверке сумок работников предприятий и сотрудников спецслужб из-за своей простоты и дешевизны. Используются в его основе многоразовые компоненты. Устройство узкоспециализировано на поиск только металлических изделий. Устройство очень мобильное. Его можно заставить работать как через аккумулятор, так и через провод от розетки.



Рисунок 1.1 - Изображён металлоискатель.

Устройства радиационного контроля улавливают ионизирующее излучение с помощью специальной антенны, в случае если есть источник, то он создает белый шум. Этот этап досмотра должен контролировать процесс проноса ядерных материалов, которые используются для создания грязных бомб. Грязные бомбы можно использовать как тактическую ядерную бомбу, сделанное в кустарных условиях. Ядерные материалы можно использовать

как усилитель взрывной волны. Самым опасным типом бомб является бомба на основе кобальта, который может загрязнять определённый участок территории на 50 лет.

Системы видеонаблюдения нужны для постоянной разведки и контроля за поведением пассажиров[2]Метод активно используется в англоязычных странах, Израиле, Японии, Южной Корее, во Франций, и др.

В большинстве случаев устройства сползаются не по назначению, т.е. в Китае для слежки за людьми. В США это устройство снабжено программами по распознаванию личности. Из-за этих устройств в странах Запада идёт дискриминация людей с ближневосточной внешностью. Система видео наблюдения следит за вашим поведением. В принципе это устройство не помогло, так как теракт всё же произошёл в 2001 году. Это система используется скорее как отпечатки пальцев для поиска преступников.

Газоанализаторы работают по следующему принципу: пассажир входит в специальную будку, где он обдувается струями воздуха; затем происходит определение типов частиц с помощью специальных детекторов[1,2].

Интроскоп устройство окрашивает подозрительные объекты тем же цветом, что и безопасные. Устройство очень распространено в мире. Очень удобен для досмотра багажа и почтовых грузов. С целью увеличения точности нужно повышать дозу излучения, что может привести к облучению оператора[1]. Также повышение дозы радиаций приводит к сторанию датчиков. Эффективно используется в системе с одноступенчатой системой досмотра.

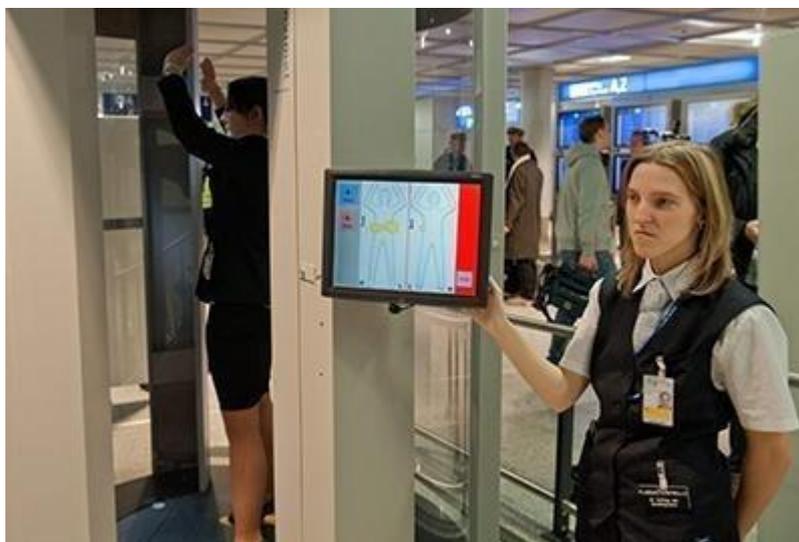


Рисунок 1.2 - Оборудование для распознавания личности

## 1.2.Методологические основы рассматриваемой проблемы

Все взрывчатые вещества состоят из углерода, азота, водорода и кислорода[1,2]. Практически все взрывные вещества используют в своём основе нитраты. Взрывчатки бывают жидкостными, твёрдыми и газообразными. Твёрдые редко используются преступниками из-за их дороговизны и сложности производства. Дороговизна связана с тем, что взрывчатки по типу динамит часто используются в шахтах и в военном деле и со сложностью поиска компонентов, так как страны где развито это направление являются ядерными державами. Жидкостные используются везде, их можно сделать , достаточно смешав спирт и селитру. Идентифицировать их трудно из-за того что их хранят в плотных пакетах. Газообразное взрывчатое вещество не используется для проноса. В основном такие газы как пропан или метан используются для создания ракет или вакуумных бомб кустарного типа. Главная проблема заключается в определении конечного пользователя.



Рисунок 1.3 - Рентгеновский интроскоп

Метод рентгенографии получил большую популярность из-за способности определять различные типы контрабандных грузов. Однако это устройство не способно определить с большой точностью взрывчатые вещества из-за их схожей цветовой подцветки с алкогольными напитками и деревом[1]. Для увеличения точности нужно увеличить дозу радиаций, что может принести бред для сотрудников службы и быстрому износу аппарата.

Метод по отпечаткам пальцев-это способ обнаружения паров или частиц взрывчатых веществ на поверхности грузов. Взрывчатые вещества представляют из себя липкие соединения и засечёт сканирования ладоней,

которые имели контакт с багажом легко засекаются сканером отпечатков пальцев[4]. Недостатком может быть то, что противник может работать не в одиночку, а в группе. Так же экран легко загрязняется и если не чистить он не будет работать корректно. Ещё одна проблема это царапины. Их нельзя устранить. В результате аппарат не пригоден для дальнейшего досмотра.



Рисунок 1.4 – Общий вид прибора для анализа рук

К биосенсорным методам относятся мероприятия обыска с помощью собак.

Собаки с древности служили для определения запаха пороха во время подкопа[5]. Известны пять пород собак, которые активно используются для досмотра багажа: немецкая овчарка, бигль, английский бульдог, такса, хаски. Эти собаки имеют крепкий иммунитет так как выведены для охоты, содержания заключённых или для транспорта. Эти собаки в большинстве выведены со скрещиванием волков. Другие породы являются потомками сторожевых собак, которых раньше использовали для защиты скота или крепостей. Самым распространённым является немецкая овчарка из-за их агрессивного поведения, т.е. эта порода собак может выполнять как поисковые так и сторожевые функции. Порода особенно распространена среди стран СНГ. Все эти породы собак невероятно агрессивны, кроме хозяина что даёт им преимущество в досмотровой системе багажа.



Рисунок 1.5 – Служебная собака во время поиска взрывчатого вещества

Собаку с 3 месяцев обучают искать только один тип взрывчатого вещества. Они хорошо справляются с поиском. Зверь может определить только ограниченное количество запрещённых веществ[5]. Преимущества заключаются в большой мобильности. К недостаткам стоит отнести:

- трудно оценить обнаружительные способности собаки;
  - герметизация и использование маскирующих веществ может легко "обмануть" поисковые функции;
  - собака быстро устаёт [2].
  - есть трудности с зарплатой для постоянной работы обслуживания.
- Высока вероятность проникновения купленных агентов.

### **1.3 Собственный подход в решении поставленной задачи**

Магнитно-резонансная томография (МРТ) устройство на новых физических принципах. Магнитные поля хорошо воздействуют на молекулы нитратов с дальнейшим испусканием ответного РЧ сигнала. Устройство воздействует на свойство молекул, заставляя их колебаться по определённой частоте. Метод напоминает на "щупание руками" невидимых частиц. Мы сможем не только увидеть подозрительный объект, а почувствовать. Сложится подробная картина, не только поглощающей способности фотонов вещества, но определение формы и стационарного состояния электронного облака [3-6]. Поможет решить с одноразовость газовых трубок и преимуществом заключается в том, что не происходит контакта с пассажиром. Не обязательно использовать его часто, если только интроскоп не засёк подозрительный объект, который он обводит на экране жёлтым кругом.

## **Выводы к первой главе**

В данной главе были описаны основные пункты досмотра багажа и пассажира в аэропортах. Были рассмотрены существующие методы детектирования багажа на наличие взрывчатого вещества и рассмотрены их недостатки.

Рентгеновские интроскопы самые распространённые устройства досмотра. Однако эта установка не способна различить взрывчатое вещество от продуктов и предметов животного происхождения, и от напитков с содержанием алкоголя.

Электронно-химический анализ хорошо зарекомендовал себя как газоанализатор паров взрывчатого вещества, однако из-за одноразовости газовой трубки как источника магнитного поля, делает его экономически неприемлимым.

Применение собак для поиска взрывчатых веществ является экономически выгодным способом, но такой сканер легко обмануть запахом питательного для собак продуктами или напитками. Так же собаки не являются интеллектуальными существами, так как не осознают своего предназначения и кинолог, который за ним присматривает легко может увести собаку на ложный след.

## **1.4. Постановка задачи**

Проведённый анализ показал, что установки досмотра имеют ряд важных проблем связанных:

- высоким потреблением электроэнергии;
- нанесением вреда здоровью пассажиров и сотрудников аэропорта;
- короткий срок службы из-за одноразовых деталей, в результате чего многие изделия простаивают на складе;
- сложности в поиске пыли и паров запрещённых веществ на багаже или теле человека;

Решению данных проблем посвящена данная работа.

Выделяются самые главные и нерешённые проблемы связанные с высокой дозой облучения и одноразовостью некоторых агрегатов связанные с идентификацией паров или твёрдых частиц взрывчатого вещества. Вследствие чего это может привести к высоким затратам связанных со

сложностью обслуживания и нанести непоправимый вред здоровью не только пассажирам, но и сотрудникам службы досмотра багажа.

В связи с этим предлагается детектирование паров или твёрдых частиц взрывчатого вещества и сведение к нулю дозу радиаций на окружающих людей, аппарат работающий на других физических принципах.

Задачи исследования:

- предложить технологию досмотра багажа;
- провести математический анализ для данного устройства, позволяющие проанализировать функциональные возможности устройства.

## 2 Аналитическая глава

### 2.1 Физические основы спина

**Periodic Table of the Elements**

H																	He
Li	Be										B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

Рисунок 2.1 - Красным отмечены элементы, которые меняют свой спин под действием магнитного поля

Электронные облака представляют из себя облако вращающейся вокруг своей оси и изменяющий свою высоту относительно ядра, которая от количества поглощённой энергии кванта фотона, равна пере излучённой величине.



Рисунок 2.2 - Изменение вектора магнитной индукций в атоме водорода

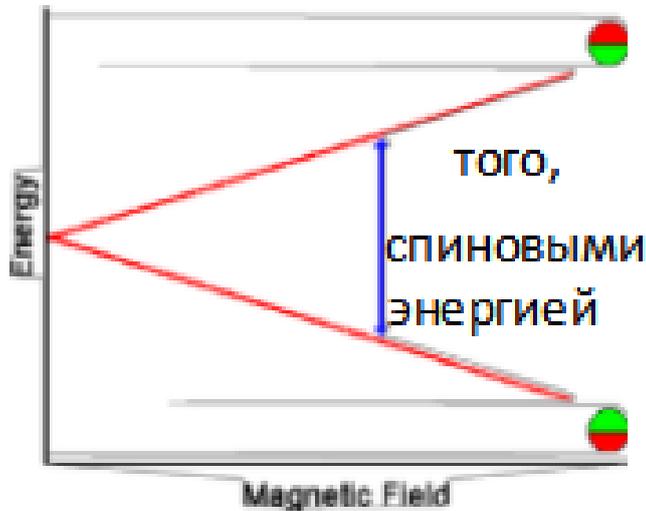


Рисунок 2.3 - Диаграмма стационарных состояний

Формула перехода электрона из одного энергетического состояния в другое, формула выведена на основе закона Планка, под действием магнитного поля:

$$E = \gamma \hbar \vec{B}, \quad (2.1)$$

где E-энергия протона;

B-вектор магнитной индукций.

Статистика Больцмана показывает количество частиц изменивших свой спин относительно тех, которые под эту процедуру не прошли:

$$\frac{p}{n} = \frac{e^{-E}}{kT}, \quad (2.3)$$

где E - энергия электрона;

k-постоянная Больцмана;

T- температура[7].

Спиновый пакет-это группа молекул или атомов подвергающийся одному и тому же источнику магнитного поля[7].

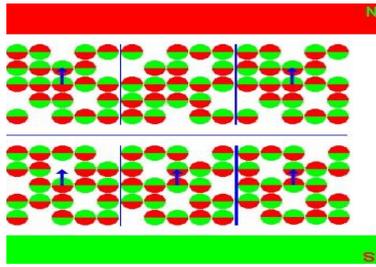


Рисунок 2.4 - Спиновый пакет для атомов водорода

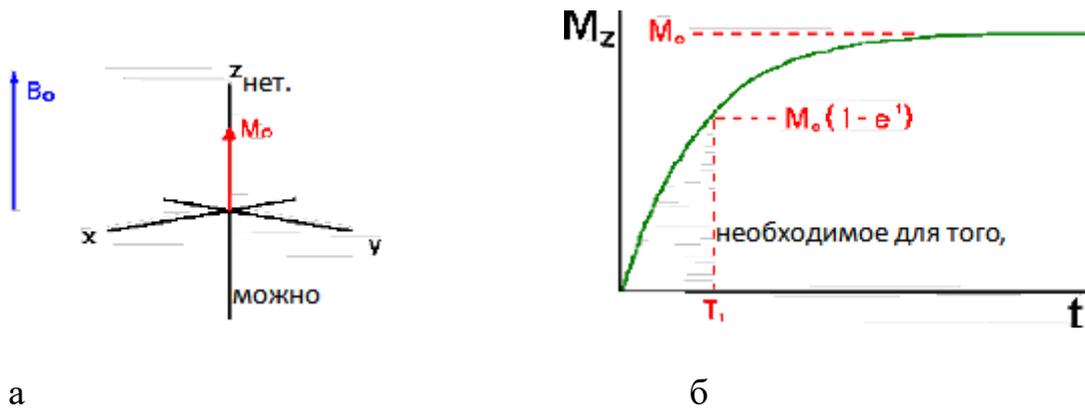


Рисунок 2.4 - Оси намагниченности атома вещества

Функция, показывающая через какое время частица вернется к прежнему состоянию:

$$M_z = M_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_1}} \right), \quad (2.4)$$

где  $T_1$ -время;

$M_0$  - начальное состояние;

$M_z$ -момент спина вокруг оси.

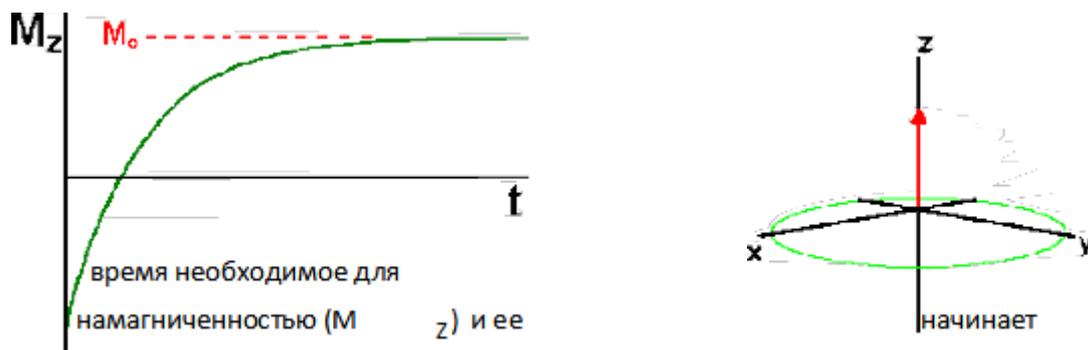


Рисунок 2.5 - Процесс намагничивания

Функция показывающая через какое время спин перевернется:

$$M_z = M_0 \left( 1 - 2e^{-\frac{t}{T_2}} \right), \quad (2.5)$$

где  $M_z$  - момент изменения положения относительно оси;

$t$  - время воздействия магнитного поля;

$T_2$  - время релаксаций или по другому время восстановления положения спина.

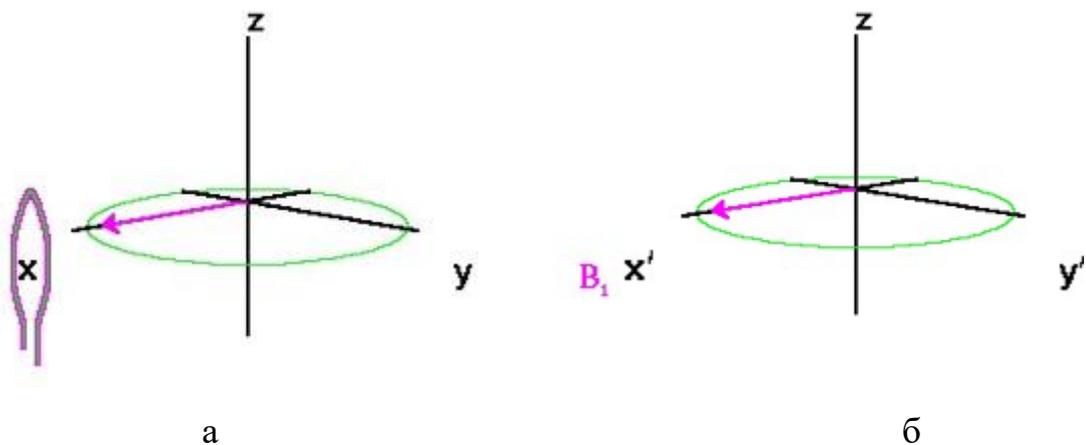


Рисунок 2.6 - Переменный ток создаст магнитное поле, которое меняется по направлению, обратному стрелке (а)

Матрица вращения:

$$\begin{bmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix}, \quad (2.6)$$

Каждый атом и молекула имеет свою частоту и форму волны [7].

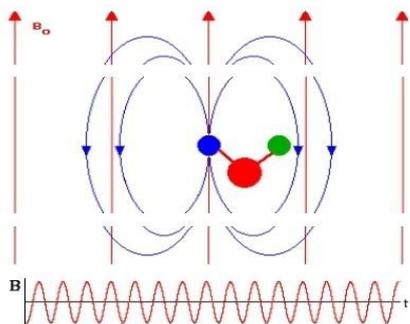


Рисунок 2.7-диаграмма показывает, что каждая частица или молекула испускает свою частоту

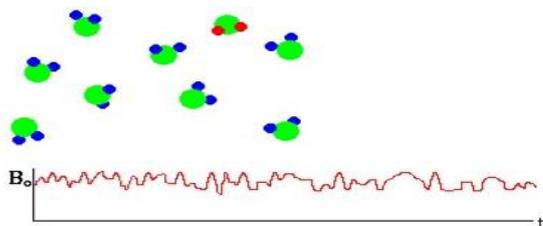


Рисунок 2.8.Молекулы и их частота под действием магнитного поля

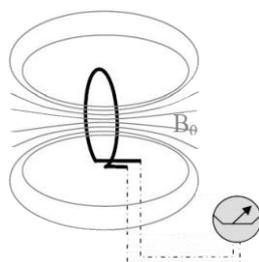


Рисунок 2.9 - Катушка индуктивности

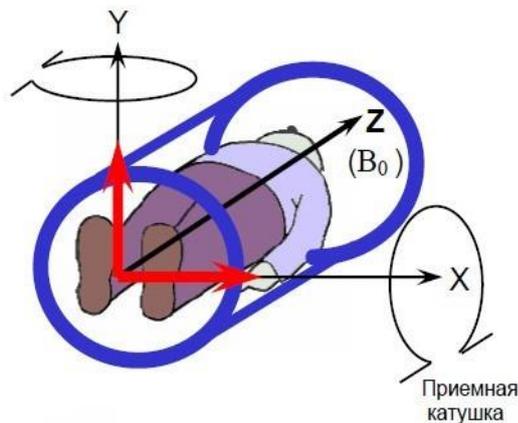


Рисунок 2.10 - Радиочастотная катушка

На рисунке 2.10 изображено расположение градиентных катушек. Располагать катушки в свободном порядке не рекомендуется. Так как есть проблема, которая связана с тем что магнитное поле может искажать полученный сигнал. Рекомендуется располагать катушки подальше от магнита. И расположение их в пространстве должно быть поперёк действию магнитного поля. Если дело касается особо сильного магнитного поля, с применением электромагнитов, то это может привести к возгоранию, если расположить градиентные катушки не по правилам техники безопасности.

Катушка индуктивности на рис 2.9. показывает рельеф прохождения магнитного поля через сердцевину. Если катушки в пространстве располагать вдоль магнитного поля, то происходит эффект запираия заряженных частиц, которые могут нагреть обмотку до 376 Кельвинов. Нарушается поток обмена информацией.

Устройства для проведения расчёта, должны располагаться на расстоянии трёх метров. Дело в том, что в основе этих изделий имеются полупроводниковые вычислительные устройства, которые очень чувствительны действию магнитного поля, так как состоят из полупроводников. Для них эффект запираия может разрушить их молекулярную структуру и полной потере работоспособности.

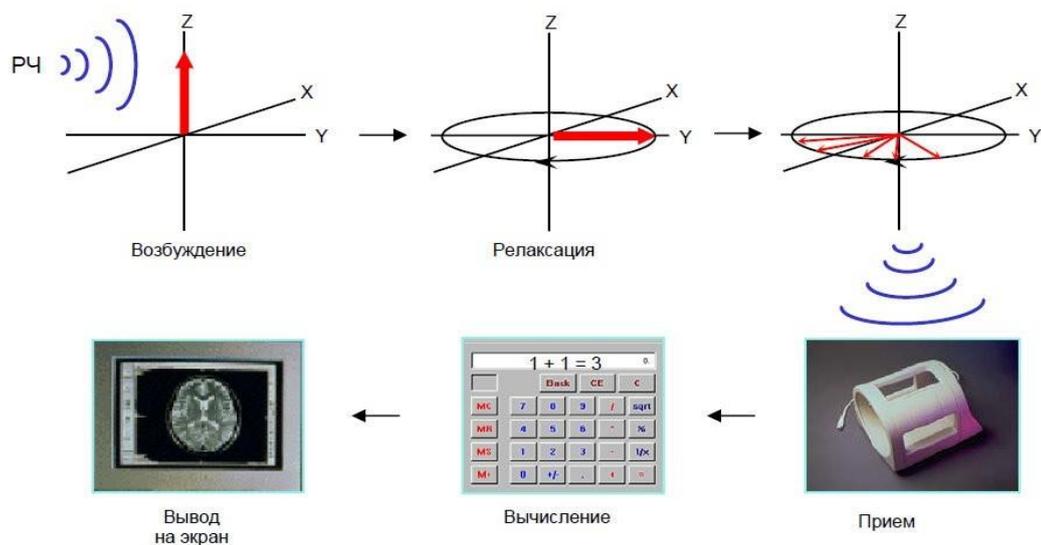


Рисунок 2.11- Вывод на экран изображения после проведения серий вычислений и измерений

Самая главная и фундаментальная проблема физики частиц - это принцип суперпозиций. Если использовать датчик, который будет располагаться рядом с подозрительным объектом, то мы получим единичный сигнал. Недостаток в том, что нам нужно будет расположить очень много датчиков, чтобы зарегистрировать один единственный сигнал.

Но если располагать датчики подальше от объекта, чуть ли не вынести за пределы конструкций, то мы получим целый спектр волн. Это связано с принципом неопределённости и мы видим эффект Шредингера в действии.

То есть, если вы не знаете что там, объект может находиться в нескольких местах одновременно. Это экономит время производстве и в детектировании искомого объекта. Квантовому объекту подвергаются не атомы или молекулы, это постоянные объекты материального мира, а электроны и радиосигналы. Вы можете этот эффект увидеть на рисунке 2.11. Как вы видите математика работает иначе. В классической математике  $1+1=2$ , в квантовой математике  $1+1=3$ . Плюсом квантовых объектов может быть то, что частицы могут подвергнуться эффекту квантовой запутанности. В результате все электроны реагируют на изменения одного из их собратьев. Самое главное, оператор не должен знать, что располагается в багаже заранее. Иначе это может привести потери эффекта и всех его плюсов. Несмотря на то что мы не знаем, что есть

в багаже. Мы можем использовать действие этого эффекта на молекулы. В результате таких колебаний молекулы начинают испускать свои радиоволны с определённой частотой.

## 2.2 Устройство медицинского аппарата МРТ

Аппарат МРТ состоит из:

- магнита;
- градиентной катушки;
- ротор;
- источник питания;
- система охлаждения;
- вычислительное устройство.(рис. 2.14)[8].

Магнит играет роль источника магнитного поля, с целью создания ловушки, которая будет перенаправлять электрон из низшего энергетического состояния. Делятся они в зависимости от их способности генерировать магнитное поле:

- постоянные магниты;
- электромагниты на основе металлов ;
- сверхпроводящие электромагниты.

Постоянные магниты самые распространённые объекты в мире. Используется в качестве покрытия на стелс самолётах. Не потребляют энергию[8]. Постоянные магниты не нуждаются охлаждающей жидкости, поэтому не нужна вакуумная камера для сжижения газов. Постоянные магниты являются первыми деталями мрт ещё с 60-х гг. 20 века. Постоянные магниты делают на основе сплава железа и оксида железа.

Электромагнит и сверхпроводящий электромагнит потребляют электроэнергию, нуждаются в специальной охлаждающей жидкости из азота и гелия. Нужна вакуумная камера для сжижения газов[8]. Сверхпроводящий магнит состоит из сплава хрома и титана. Устройство работает при 3-3.6 Тл.. Нужна охлаждающая жидкость на основе гелия или азота. Чтобы их получить нужна специальная вакуумная установка и устройство для закачивания воздуха. В целом устройство напоминает на систему обеспечения

медицинскими газами для аппарата ивл. Если не использовать систему охлаждения, то сверхпроводник просто испарится. Так как в его основе используются переходные вещества, которые имеют свойства неметаллов, то нужно использовать электрический ток. Ещё одна проблема это мощные вибраций просканированы, для того чтобы здание не развалилось, строят специальное помещение с толщиной стен в один метр. Сам аппарат располагают на демпфер, который поглощает вибраций. Демпфер является поршневым, такие демпферы ставят на танки.

Градиентные катушки нужны, чтобы сканировать объект по высоте. С помощью них определит большое место пациента в пространстве, т.е. помогают определить координаты цели [11]. Классический электромагнит состоит из железа, которому подаётся электрический ток. Это система не нуждается в дорогостоящем охлаждающем устройстве, но всё же проводники перегреваются и поэтому используется кондиционер или охлаждающая жидкость на основе холодной воды.

РЧ-катушки нужны, чтобы регистрировать радиочастотный сигнал. Происходит это из-за того, что молекула которая изменила спин и впоследствии пере излучила радиосигнал, изменив сопротивление катушки. Представляют из классические катушки индуктивности. Мы сталкиваемся с тем, что принцип работы аппарат мрт отдалённо напоминает на металлоискатель. Разница в том, что аппарат мрт использует переменное напряжение [12].

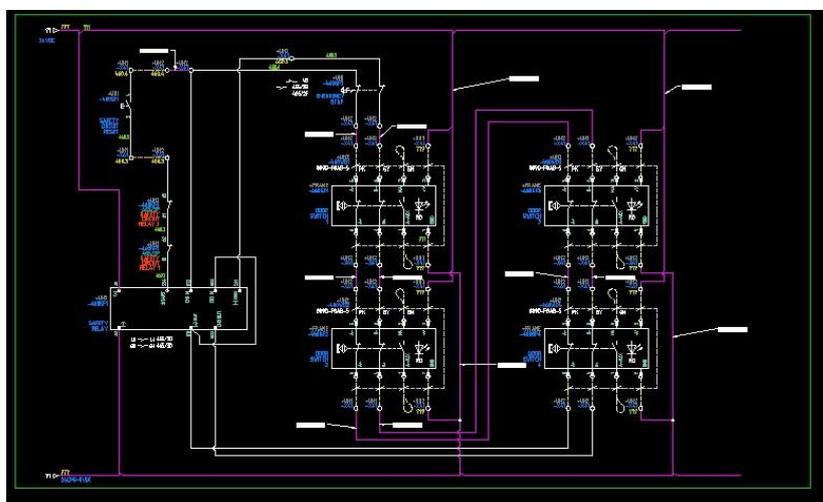


Рисунок 2.12 - Электрическая схема потребления аппарата мрт на AutoCad

Градиентные катушки используют подобный принцип как и РЧ-катушки. Их задача только регистрировать сигнал в трёхмерном пространстве. Точнее определять координаты искомого объекта.

На рисунке 2.12 изображена система энергопотребления для аппарата мрт. Используются четыре реле и контактор для контроля этих реле. Фиолетовый цвет это основа энергоснабжения, которые работают. Белым указаны не работающие провода или провода аварийной системы энергоснабжения. Когда кнопка срабатывает он передаёт сигнал контактору, а тот в свою очередь включает реле<sup>1</sup>. Существуют четыре кнопки аварийного отключения, которые располагаются с запускающей кнопкой. При их включении контактор запускает таймер с длиной в 5 секунд и отключает энергоснабжение для первой системы. Также возле реле располагаются кнопки смены питания. В случае если ротор выйдет из строя или частота вращения будет слишком сильной, то энергоснабжение перенаправляют к следующему запасному ротору. В целом, если пульт управления выйдет из строя из-за сильного напряжения или просто из-за износа деталей, то происходит процесс отключение всей энергосети. Таймер и контактор располагаются в одном корпусе и защищены специальной вязкой жидкостью на основе углерода.

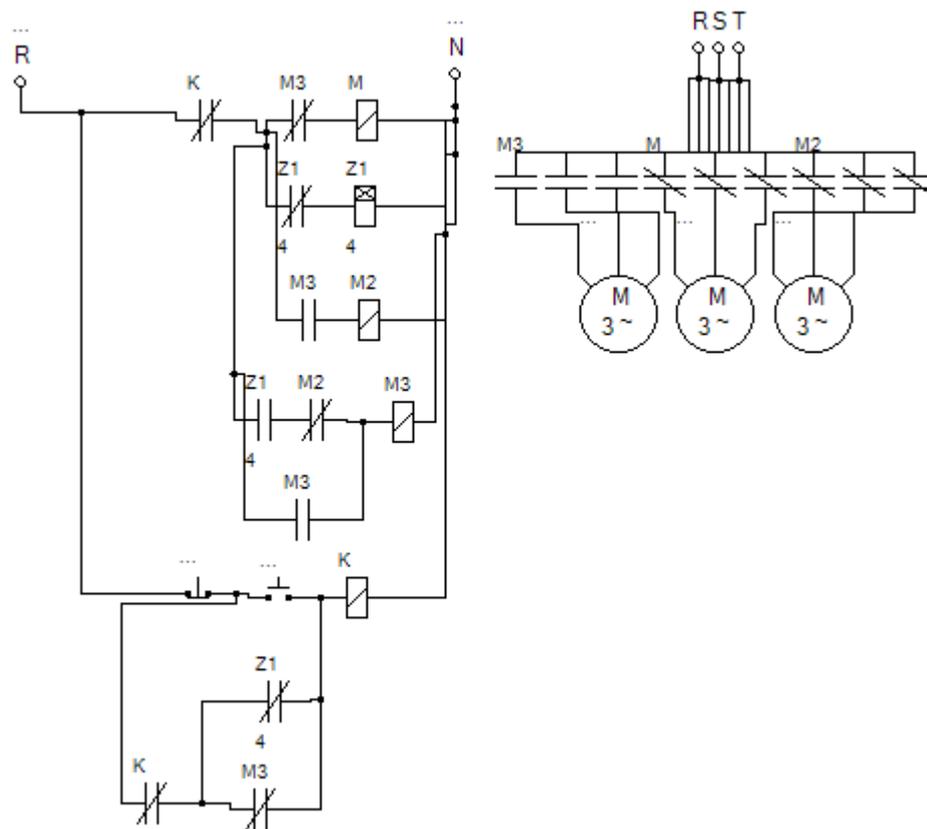


Рисунок 2.13 - Аварийная система аппарата МРТ в случае выведения из строя основного ротора

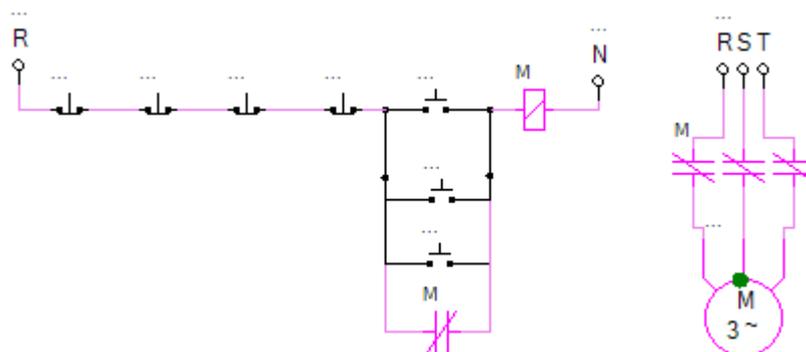


Рисунок 2.14 - Система аварийного отключения системы питания

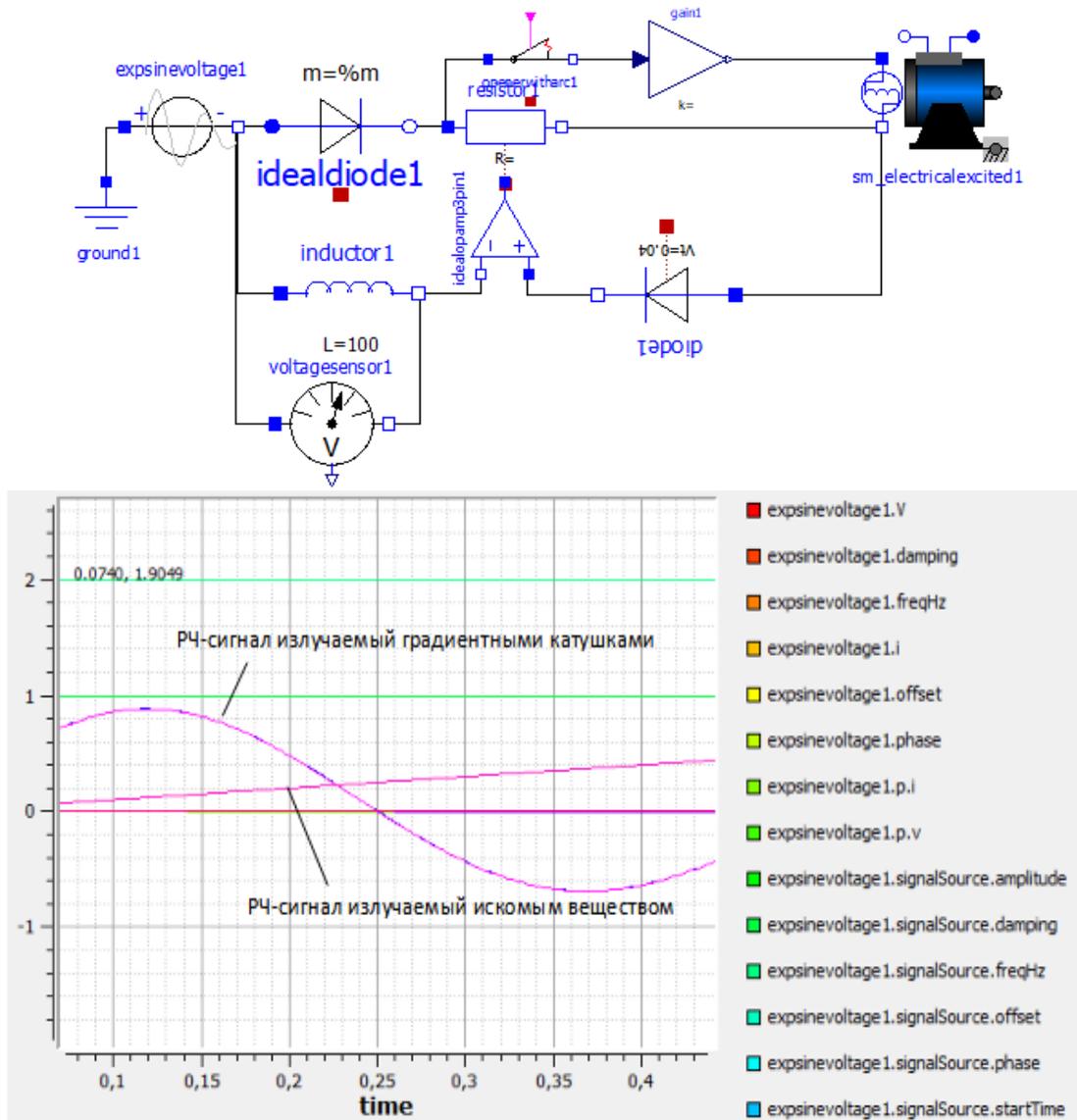


Рисунок 2.15 - Динамическая модель аппарата МРТ на программе OME

На рисунке 2.13 изображена модель аппарата мрт от компании Toshiba. Посылается сигнал на объект и мы получаем ответный сигнал от с определённым промежутком времени. Ротор вращается вокруг пациента и регистрирует сигналы с помощью градиентной катушки, которая расположена у основания стола пациента. Для того чтобы ротор не вращался из стороны в сторону, происходит этап срезаания сигналов или поляризация в положительную плоскость синусоидальных сигналов с помощью диода или

диодного моста. С помощью градиентных катушек определяется точное расположение нездорового органа. Для регистраций используется 3,5 Тл, т.к. человек на 78% состоит из воды. Вода из-за своих свойств диполя поглощает до 80% магнитной энергии. Из-за такой особенности используется гадолиний, который окрашивает поражённую часть пациента. Гадолиний вводят через шприц. Затем вещество проходит по всему организму изменяя свой спин. Вещество без вредно.

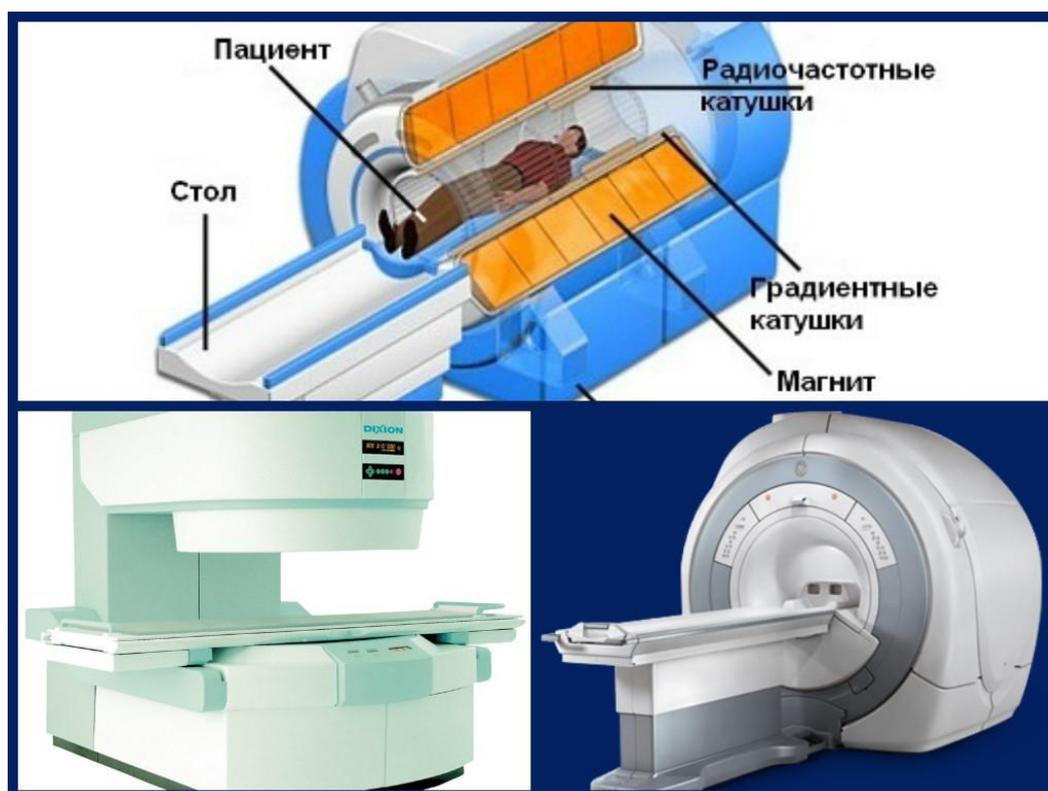


Рисунок 2.16 - Устройство медицинского аппарата мрт

Аппарат МРТ поможет определить пары и пыль частиц взрывчатых веществ различных агрегатных состояний с помощью свойства атомов элементов изменять свои спин под действием магнитного поля. Поможет решить проблему связанную с подтверждением наличия в багаже взрывчатых веществ, т. к. рентгеновский интроскоп определяет только цветовую гамму содержимого груза из-за облучения гамма-квантов. Поможет заменить плазменный газоанализатор. к. плазменный газоанализатор дорог в обслуживаний из-за низкого срока службы газовой трубки, которая работает

не больше одного месяца. Электронно-химический подход построен на неопытности преступника и из-за износа экрана может с большими ошибками фиксировать наличие на ладони взрывчатого вещества. Схожую конституцию имеют краски, пластилин, клей и др. Собаки наивные животные, которые не способны осознать своего предназначения и потому им нужны специалисты.

Усилитель нужен для увеличения напряжения сигнала, так как радиоимпульсы практически незаметны при своём использовании.

### 2.3 Основные компоненты и технические характеристики устройство магнитный-резонансный сканер для досмотра в аэропортах

Компоненты для устройства МРТ при досмотре багажа в аэропортах:

-Градиентная катушка фирмы Toshiba TI401:

-потребление электроэнергии 100 В;

-50-60 число витков;

-вектор магнитной индукций 0,0065-0,075 Тл.

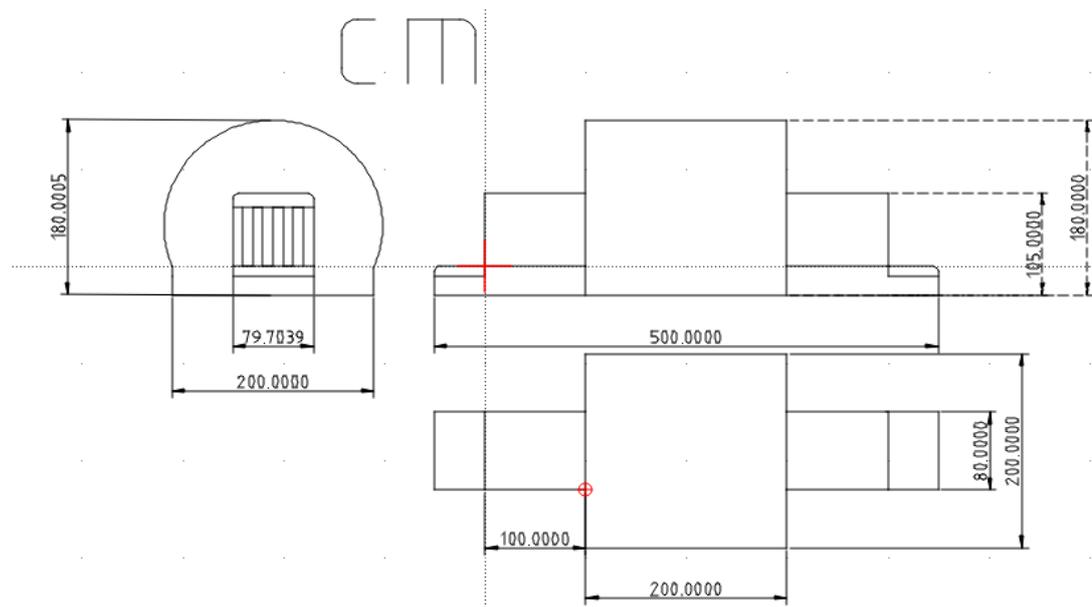


Рисунок 2.17 - Чертёж аппарата МРТ для досмотра багажа

На основе рисунка 2.15 можно рассчитать площадь занимаемы этим устройством в помещении пространство. По центру располагаются градиентные катушки. Это можно понять по полуцилиндрической поверхности. По бокам располагаются тоннели прямоугольной формы, внутри которых нет света. Это сделано, чтобы оператор заранее не знал об объекте. Чтобы не потерять квантовый эффект суперпозиций. Оператор будет знать только то, что внутри устройства что-то движется. Затем частицы начнут испускать радиоимпульсы в пространство. Детектор, который будет внизу уловит сигнал и передаст данные на компьютер. С помощью этого у аппарата можно регистрировать ядерные материалы, так как реагирует на инертные газы, которые выделяются при распаде атомов урана или плутония.

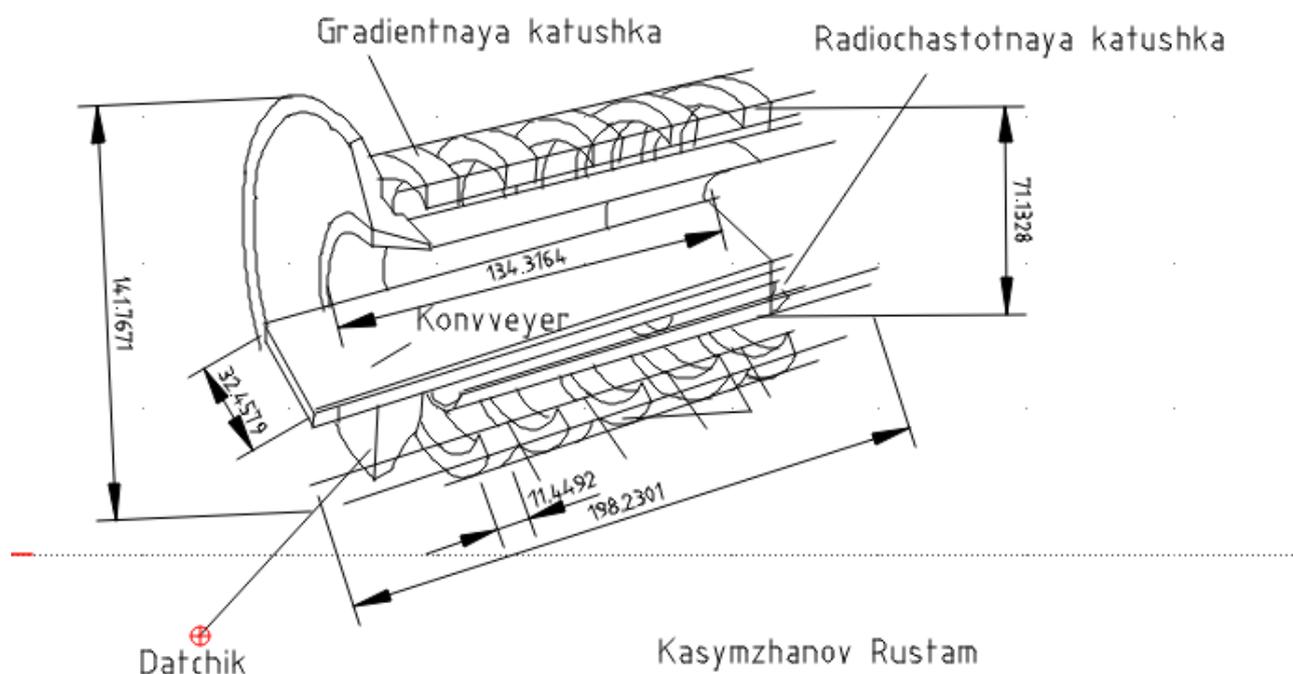


Рисунок 2.18 - Чертёж внутреннего устройства МРТ без ротора

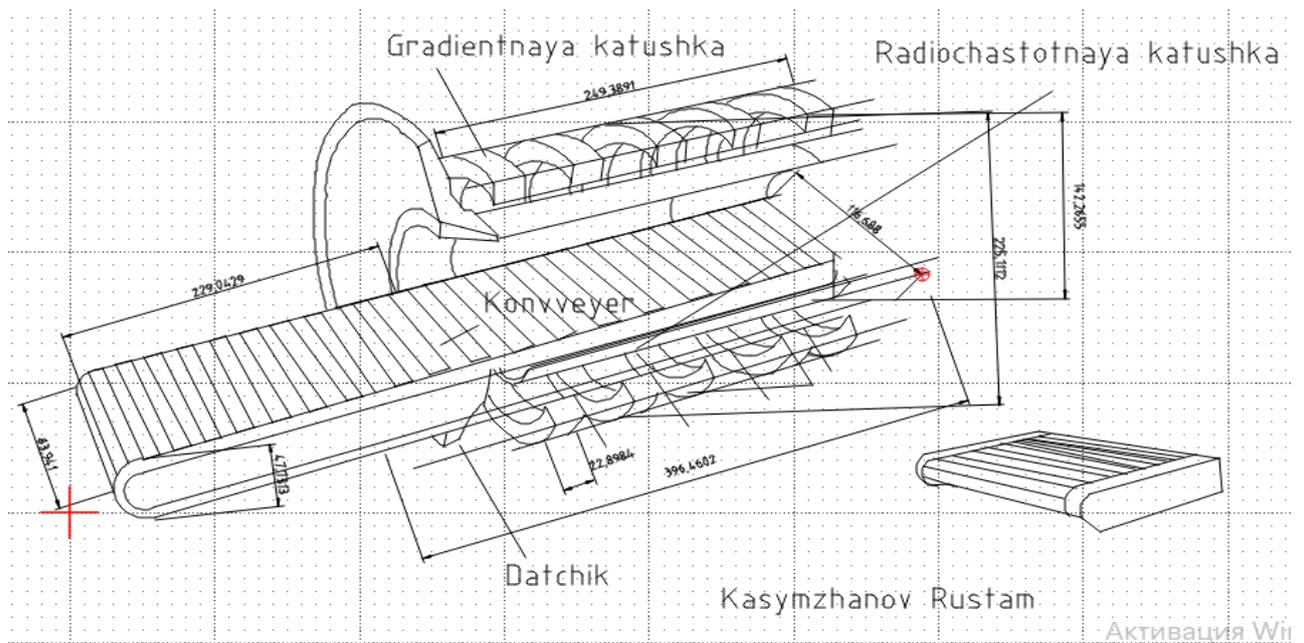
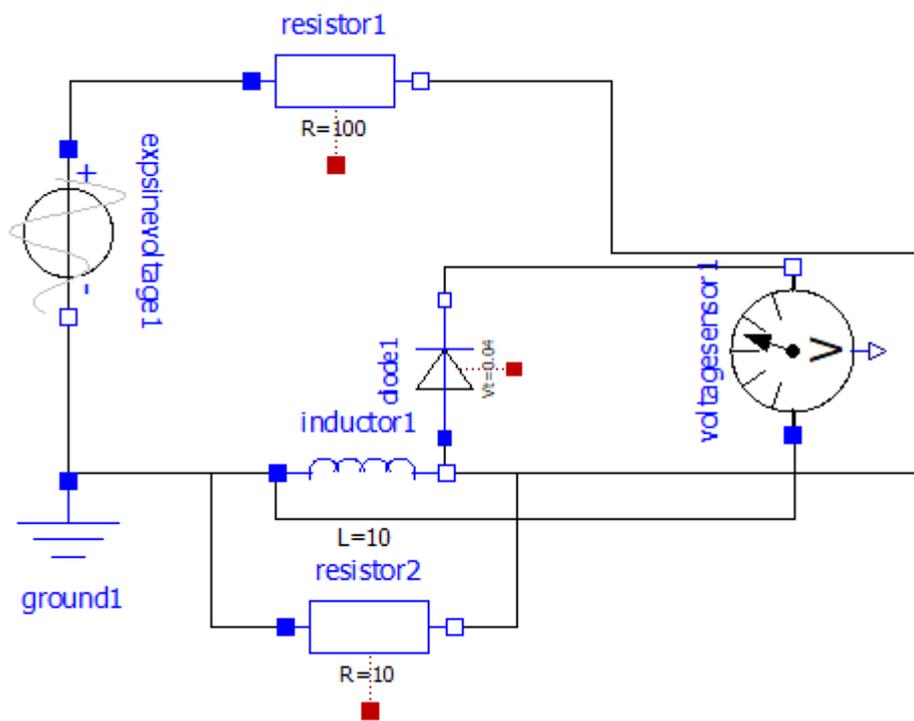


Рисунок 2.19 - Чертёж полной конструкции аппарата МРТ интегрированный в конвейер



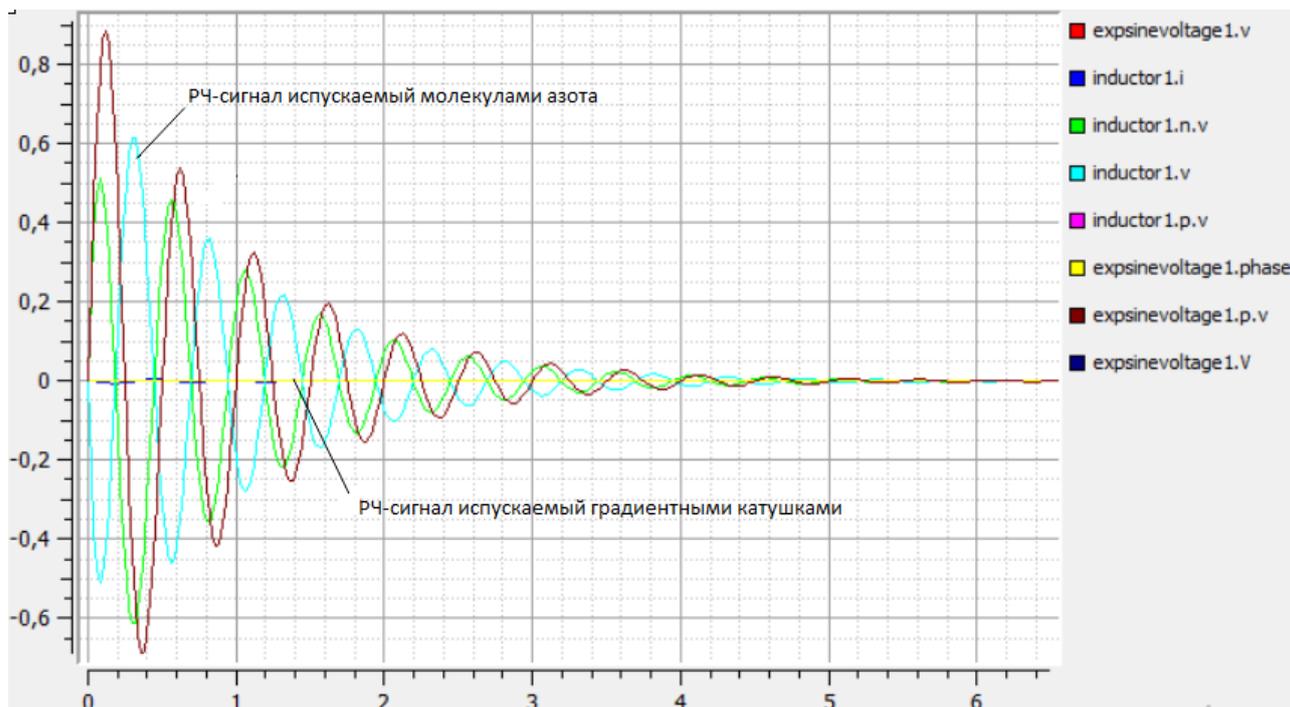


Рисунок 2.20 - Динамическая модель магнитного сканера для досмотра багажа

Радиочастотная катушка Siemens P 034:

- $N=100$  число витков;

-потребление электроэнергии 100 Вольт;

- $B_0=0,007$  Тл.

Конвейер ТОО Кызылординский механический завод Квант:

-пластинчатая грузонесущее полотно;

-электрический двигатель в 220 Вольт;

-редуктор одноступенчатый.

На рисунке 2.18 изображен процесс детектирования молекул оксида азота. Из этого получаем, что время сканирования 5,4851 секунды и для возбуждения молекул на основе азота составляет 0,001 Тл. При чём излучение искомого вещества превышает в 100 раз. Это связано с распадом молекулы в процессе изменения спина атома.

С целью экономии электроэнергии необходимо использовать постоянный магнит как источник магнитного поля и устранить из

конструкций аппарата ротор, так как достаточно зарегистрировать частицы паров взрывчатых веществ. Чтобы не допустить перегрева радиочастотной катушки и градиентной катушки нужно использовать вектор магнитной индукций  $B_0 < 0,01$  Тл. Для определения запрещённых частиц внутри багажа достаточно использовать 0,006 Тл.

Стоимость установки:

Градиентная катушка Toshiba TI401: 192901 тг.

Радиочастотная катушка Siemens P 034:245854 тг.

Два конвейера ТОО Кызылординский механический завод Квант:50 тыс.

тг.

Корпус: 50 тыс. тг.

Общая стоимость:488755 тг.

### **Выводы ко второй главе:**

В этой части работы было проведено исследование по определению характеристик аппарата МРТ для досмотра багажа. Было выяснено , что применение постоянного магнита поможет сократить потребление электроэнергии. Так же было определено, что аппарат реагирует практически на все соединения, которые содержатся во взрывчатых веществах. Время сканирования 6 секунд и вектор магнитной индукций составляет 0.001 Тл. По сравнению с другими аппаратами досмотра, не наносит вреда человеческому здоровью, т.к. устройство не использует продукты распада ядер и не испускает «жесткие» кванты. Должен быть учтён фактор того, что устройство раньше не предполагалась к использованию в области авиационной безопасности до сегодняшнего дня. Был проведён анализ и выяснена общая стоимость изделия. В сравнении с другими аналогами не использует одноразовые элементы со сроком службы в один месяц.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для улучшения эффективности детектирования взрывчатого вещества во время досмотра багажа в аэропортах, было предложено использовать аппарат МРТ. Были изучены химические соединения взрывчатых веществ и их РЧ-характеристики.

Был изучен принцип работы аппарата МРТ и проведена его динамическая симуляция с целью изучения возможности модернизаций аппарата МРТ для интеграций в конвейер.

Была собрана динамическая модель аппарата МРТ интегрированного в систему досмотра багажа для исследования его основных физических характеристик.

В качестве основных компонентов изделия были выбраны: градиентная катушка, РЧ-катушка и пластинчатой поверхности конвейер.

Выбранная данная аппаратура обусловлена из-за ряда причин связанных с экономическими характеристиками; для обеспечения безопасности здоровья персонала от облучения.

Был спроектирован чертежи с целью концептуального понимания внутреннего устройства изделия и дизайн в качестве устройства для обеспечения авиационной безопасности.