Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

Кафедра А-1 «Ракетостроение»

Тема: «Обоснование характеристик зенитного ракетного комплекса для борьбы с беспилотными летательными аппаратами »

г. Санкт-Петербург
2021 г.

Цель – выбор и обоснование тактико-технических характеристики зенитно-ракетного комплекса для борьбы с беспилотными летательными аппаратами.

Задачи:

- Анализ имеющихся методов борьбы с БПЛА;
- Разработка математической модели взаимодействия ЗРК и БПЛА;
- Определение ТТХ ЗРК с помощью разработанной модели

Объект исследования – зенитно-ракетный комплекс.

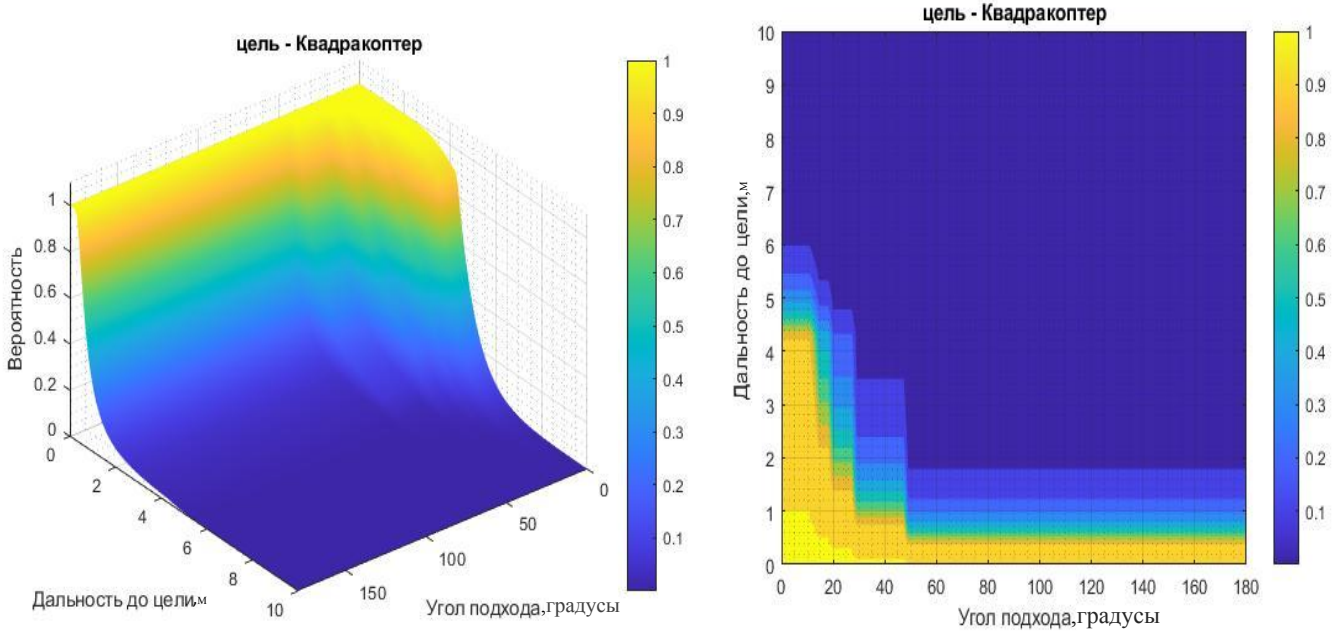
Предмет исследования – зенитная управляемая ракета для поражения малоразмерных и низколетящих целей.

К разрабатываемому средству предъявлены следующие *требования*:

- Дальность полёта более 5 км;
- Масса полезной нагрузки не более 0,5 кг;
- Диаметр ограничен 90 мм;
- Длина ограничена 3000 мм.

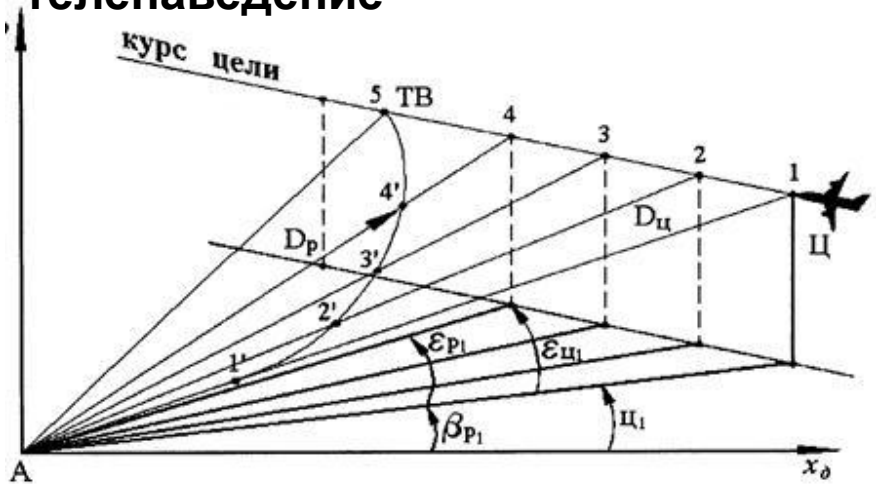
Предварительно выбранные параметры

Боевая часть - осколочная



Зависимость вероятности поражения от расстояния до цели и углов подхода.
Слева – поверхность, справа –линии уровня.

Система управления - теленаведение

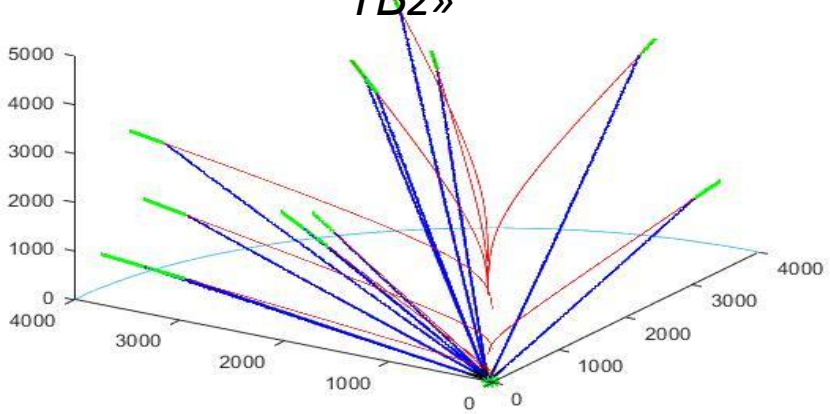


Телеуправление – управление на расстоянии с помощью специальным образом закодированных сигналов управления.

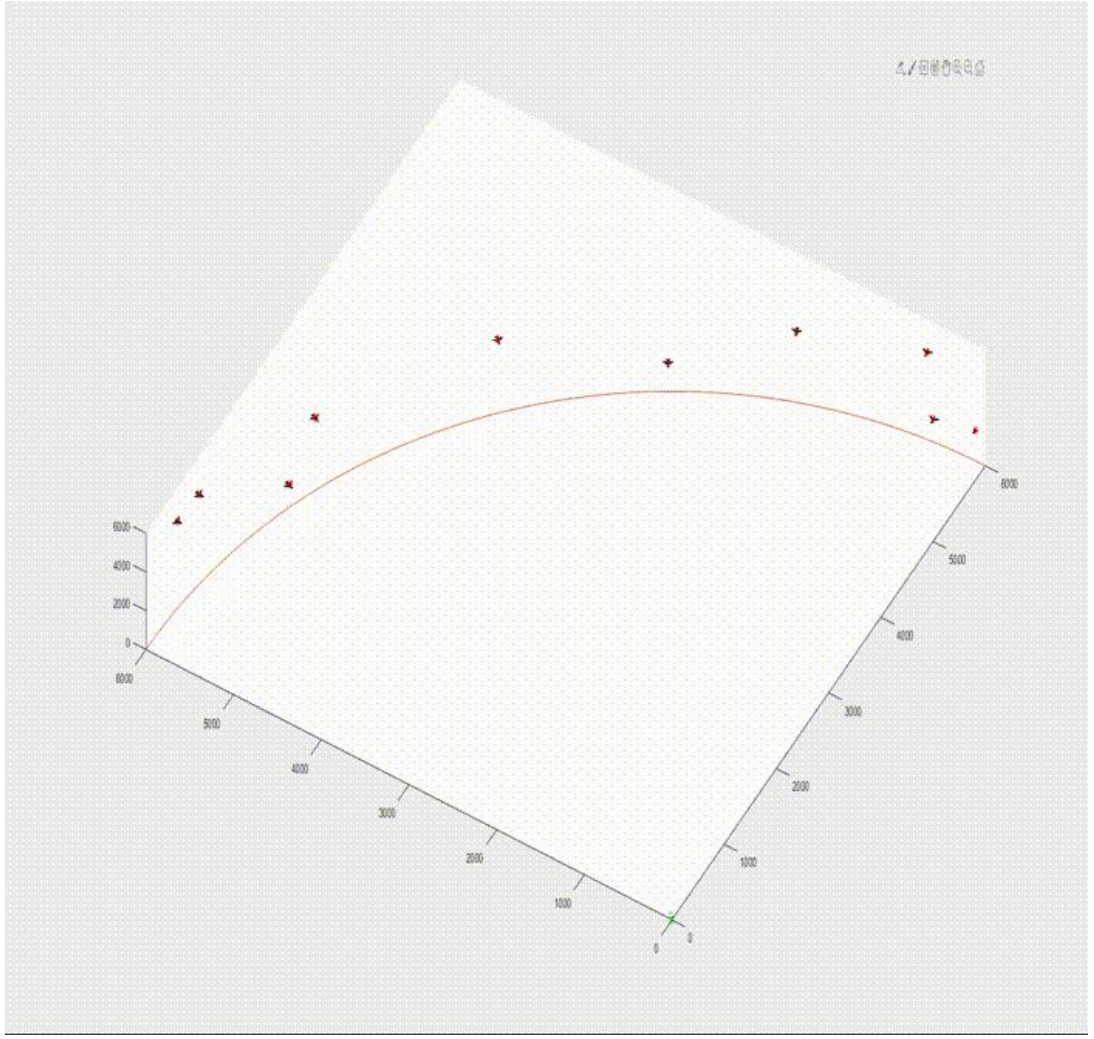
Метод наведения – метод трёх точек.

Цель самолетного типа

Внешний вид БПЛА «Байрактар ТБ2»

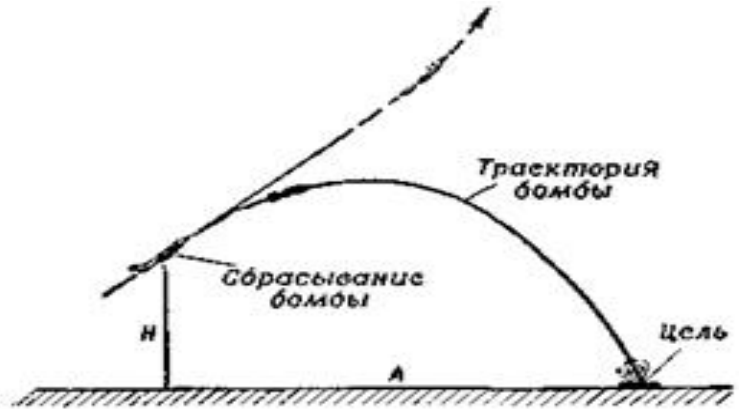


Траектория полета цели самолетного типа

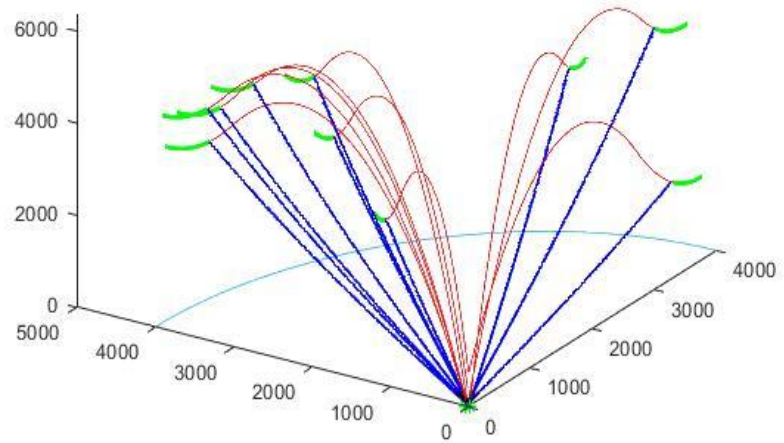


Моделирование полёта цели самолетного типа

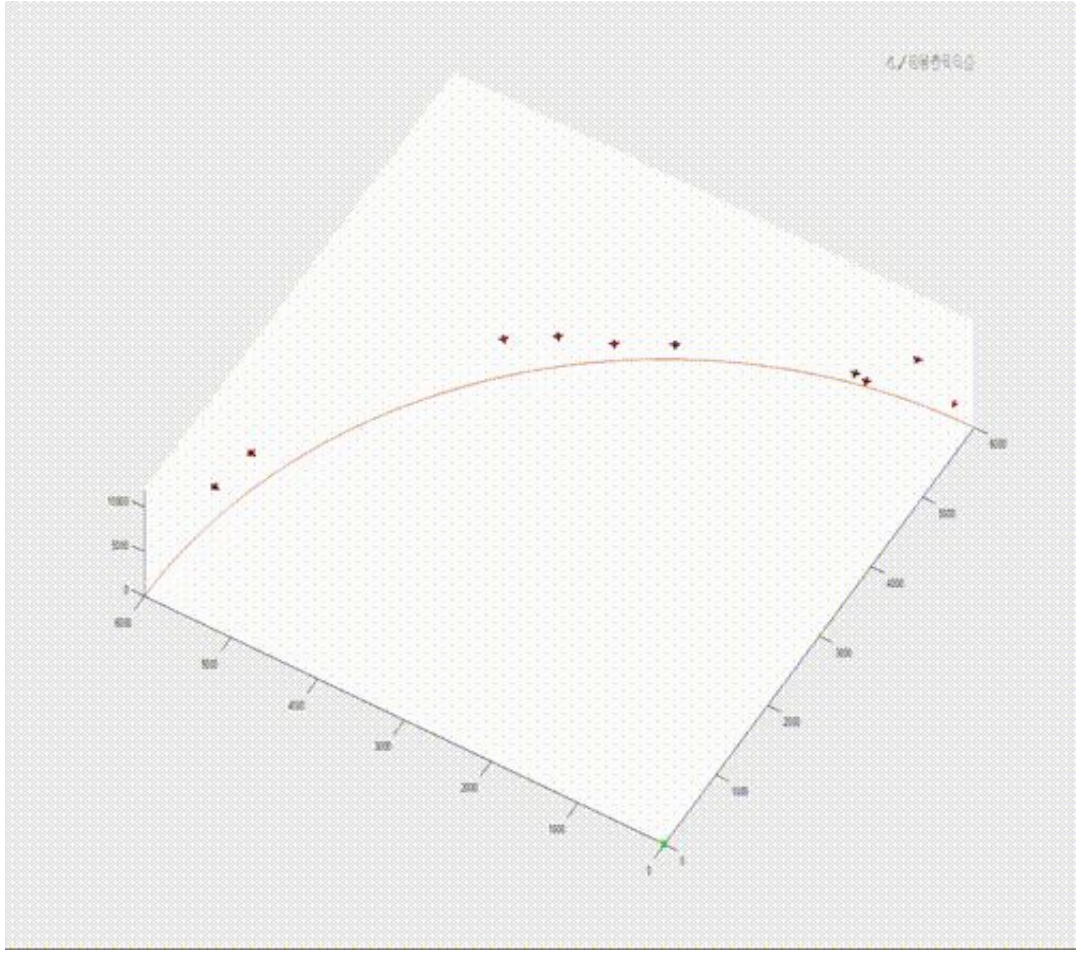
Цель самолетного типа с бомбами



Сброс бомб с кабрирования



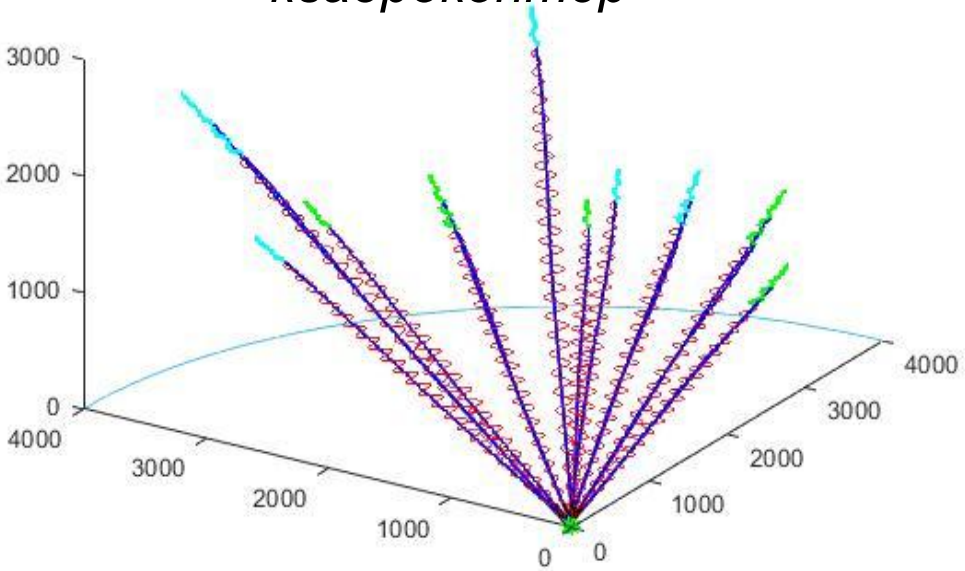
Траектория полета цели самолетного типа с бомбами



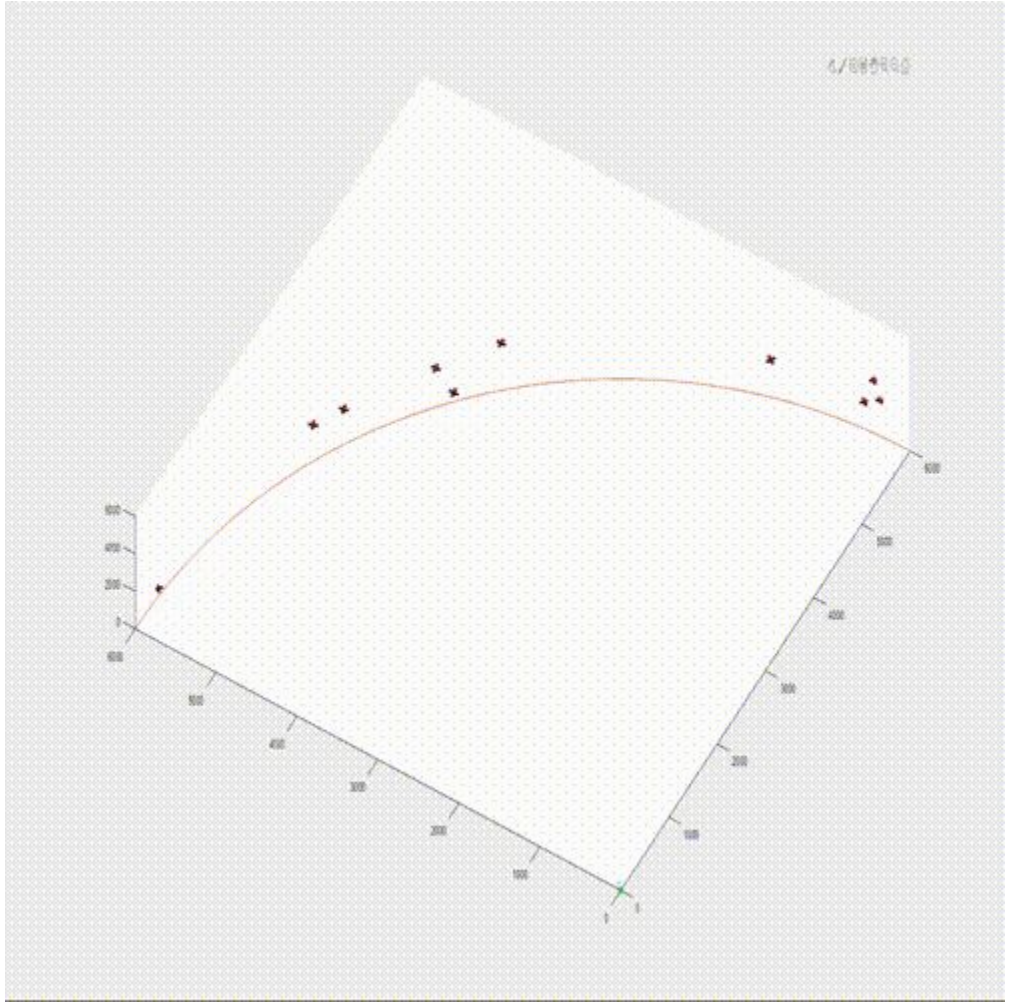
Моделирование полёта цели самолётного типа с бомбами

Цель типа квадрокоптер

Пример БПЛА типа квадрокоптер

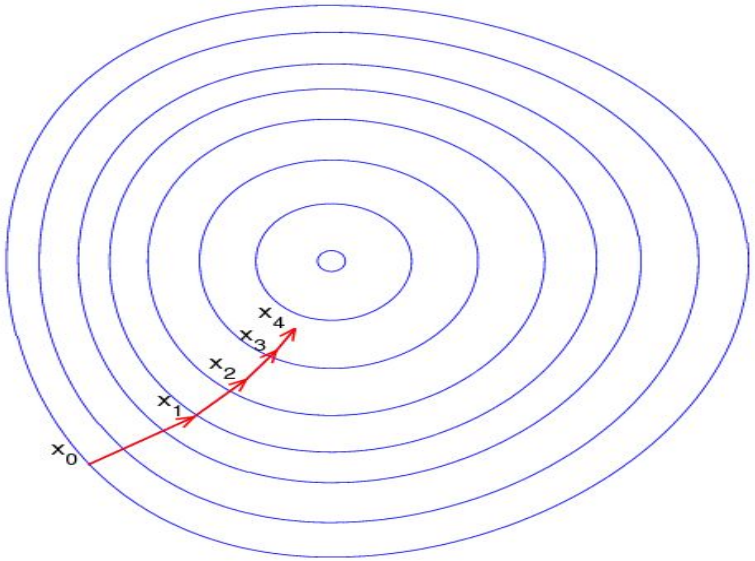


Траектория полёта цели типа квадрокоптер



Моделирование полёта цели типа квадрокоптер

Проведение процесса исследования



Пример работы алгоритма

Метод оптимизации основан на методе градиентного спуска.

Метод делает несколько пробных шагов и движется в сторону наилучшего.

Тип БПЛА	Кол-во ПУ	Кол-во ракет в ПУ	Кол-во одновременно летящих ракет	Предельно допустимый наряд для поражения цели	Радиус обнаружения	Располагаемые перегрузки	Максимальная скорость ракеты	Время стартового участка	Время реакции
Самолётный с бомбами	3	12	10	5	6000	15,00	419,01	4,00	4,00
Самолётный	3	12	7	7	2000	21,38	300,00	4,00	4,00
Квадрокоптер	4	12	9	10	2000	16,88	300,00	8,73	6,36

Таблица полученных ТТХ

Результаты работы

Тип цели	ТТХ, оптимизированные для поражения БПЛА		
	Самолётного типа	Самолётного типа с бомбами	Квадрокоптеров
Самолётный	**0,9896**	0,8700	0,9582
Самолётный с бомбами	0,5632	**0,7542**	0,4018
Квадрокоптер	0,8970	0,4594	**0,9876**
Среднее значение по всем целям	0,8166	0,6945	0,7825

Таблица вероятностей, полученных в результате исследования

Кол-во ПУ	Кол-во ракет в ПУ	Кол-во одновременно летящих ракет	Предельно допустимый наряд для поражения цели	Радиус обнаружения	Располагаемые перегрузки	Максимальная скорость ракеты	Время стартового участка	Время реакции
3	12	7	7	2000	21,38	300,00	4,00	4,00

Таблица выбранных тактико-технических характеристик

Результаты проверки через ППП САПР ЗУР

- Ракета телеуправляемая, метод наведения трёх точек;
- Аэродинамическая схема- утка;
- Рулевой привод – электромашинный;
- Боевая часть- осколочная, масса 0,27 кг;
- Длина ракеты 2,97 м;
- Калибр 40 мм;
- Масса ракеты 18 кг;
- Наклонная дальность 6 км.

Выводы по работе

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

- Анализ имеющихся методов борьбы с БПЛА;
- Разработка математической модели боя ЗРК с БПЛА;
- Выбор и обоснование ТТХ ЗРК для борьбы с маломерными низколетящими БПЛА;
- Оценка стоимости исследования;
- Выработаны методы для обеспечения безопасности жизнедеятельности при проведении исследования.