

УДК 621.396

## Определение дальности с помощью радиотеплокации

Спеньков К.А., Гаврилов В.М., Никитин О.Р.

В работе рассматривается методика определения дальности до объекта средствами дистанционной радиометрии обладающей скрытностью и всепогодностью применения. Для выполнения эксперимента использовался радиотеплолокатор 3мм диапазона с чувствительностью 0,1 К, с помощью которого строились радиотепловые матрицы которые сравнивались с панорамой местности. В качестве метода оценки дальности выбран геометрический метод определения расстояния по стороне и двум углам. Также описаны характеристики антенного устройства и приведены результаты измерений. Определены возможности применения данной методики в различных сферах.

*Ключевые слова:* радиотеплокация, дистанционная радиометрия, радиотепловая матрица.

В настоящее время эффективным средством наблюдения и контроля становится радиотеплокация. Скрытность и всепогодность действия даёт радиотеплокации значительные преимущества перед радиолокацией и инфракрасной техникой. Ещё больше повышает роль радиотеплокации появление средств противодействия инфракрасной локации, радиолокации и малоэффективных в тепловом диапазоне. Несмотря на имеющиеся опытные образцы радиотеплокация находится на этапе научных исследований. Поэтому рассмотрение вопросов связанных с оценкой возможностей использования радиотеплокации являются актуальной научно-технической задачей [1].

Настоящая работа посвящена решению задач идентификации радиотепловой панорамы при секторном обзоре и определению дальности до отдельных объектов средствами радиотеплокации.

На рис. 1 приведён радиотеплолокатор с двухзеркальной параболической антенной, вход которой нагружен на высокочастотный блок радиометра. Характеристики антенного устройства: КНД=848135; КИП=0.996; УБЛ=0.1147;  $D=32\text{см}$ ;  $d=6\text{см}$ ; ширина главного максимума  $0,6^\circ$ . Антенна с закреплённым на ней блоком радиометра устанавливается на поворотном устройстве с плавным изменением угла по азимуту от  $-20$  до  $20$  градусов и по углу места от  $-15$  до  $15$  градусов. Характеристики радиометра: диапазон  $90\text{--}98$  ГГц, чувствительность  $T=0,1\text{К}$ , диапазон измеряемых температур не менее  $500$  К, рабочая частота гетеродина  $94\pm 2$  ГГц. В ка-

честве индикаторного устройства используется ПК, соединённое с АЦП радиометра кабелем COM-USB. Первичная обработка информации осуществляется с помощью программы «ADC100».

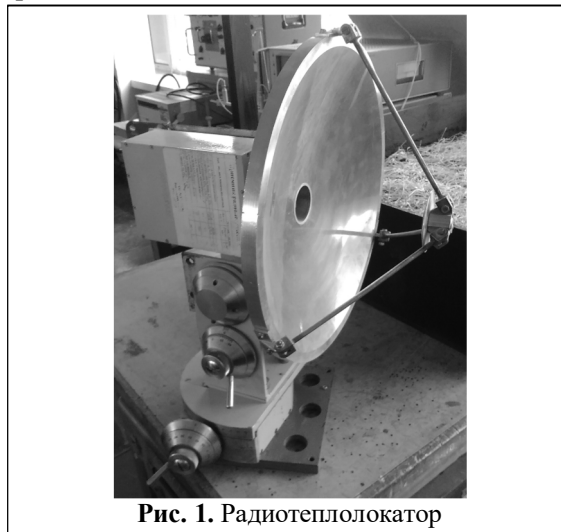


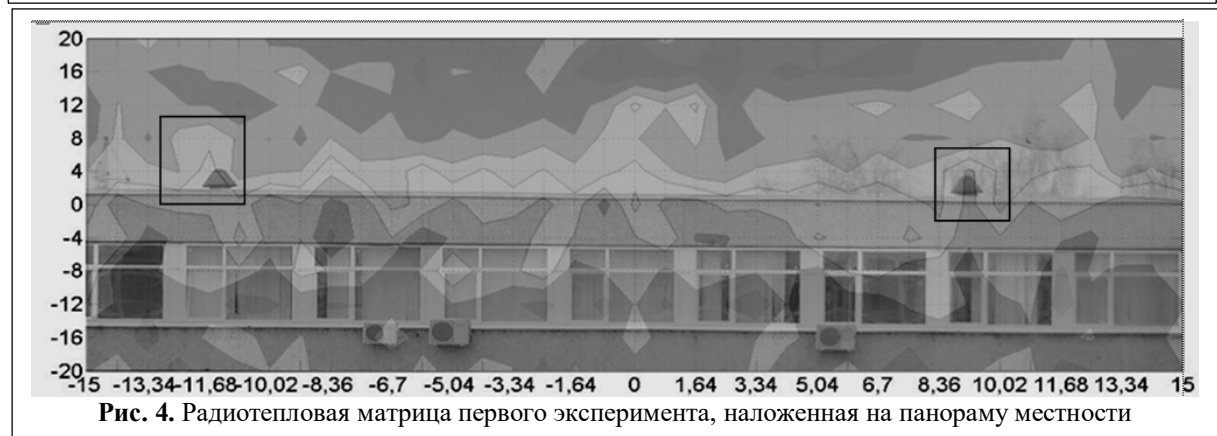
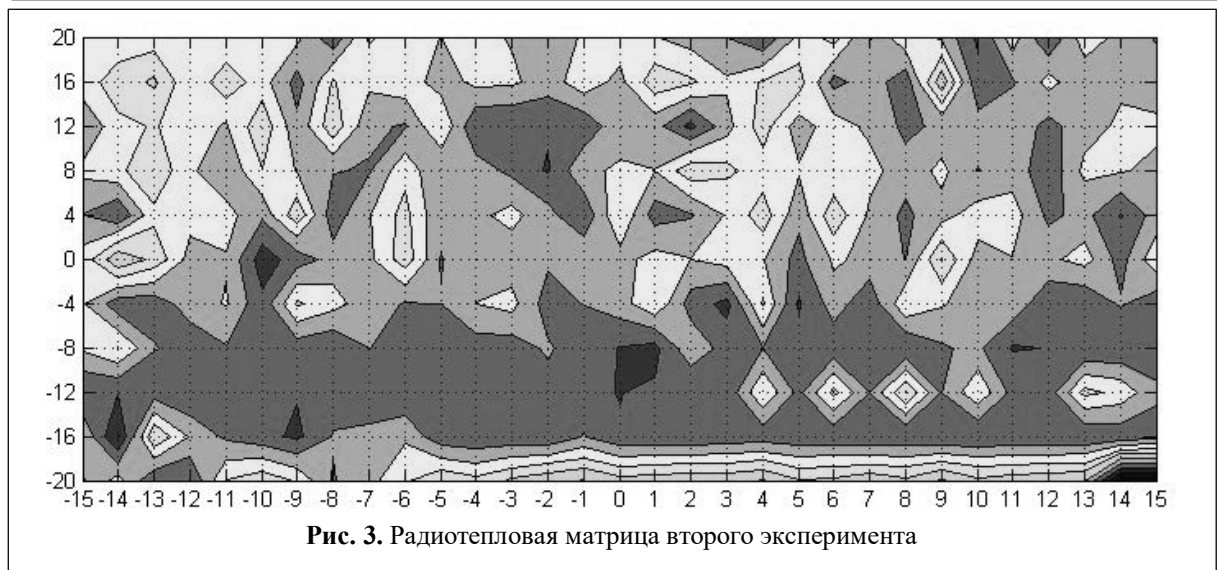
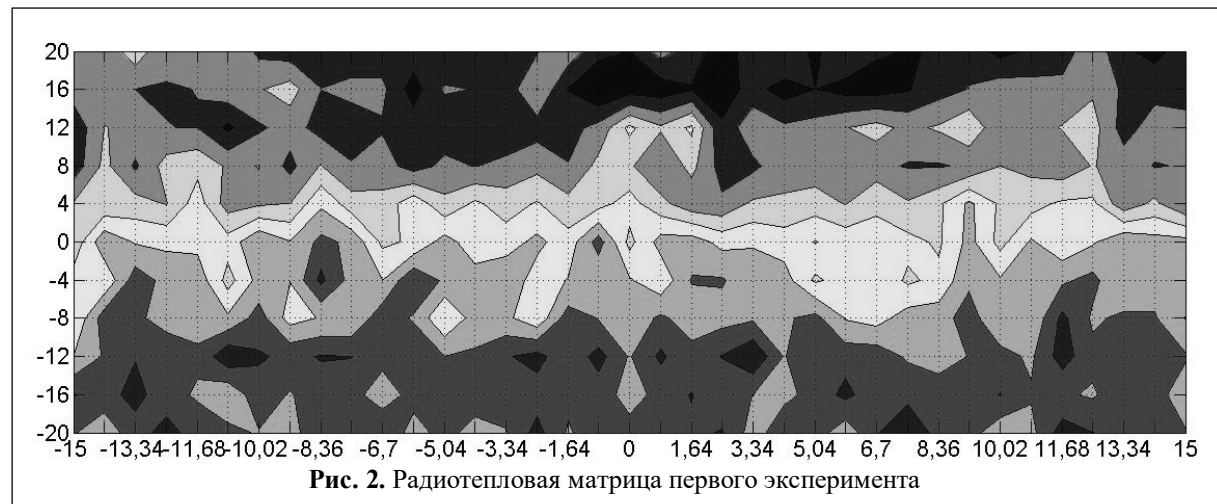
Рис. 1. Радиотеплолокатор

Калибровка радиотеплолокатора осуществлялась по радиотепловому излучению небосвода, кажущаяся радиояркость температура которого соответствует  $200\text{К}$ . [3]

Измерения проводились путём оценки элементов радиотепловой матрицы при построении сканировании пространственной панорамы в секторе углов  $-20^\circ$  до  $20^\circ$  по азимуту, и  $-15^\circ$  до  $15^\circ$  по месту.

Результаты в каждой точке усреднялись по 50 значениям. По результатам калибровки условные единицы измерения на выходе радиометра переводились в градусы Кельвина [2].

На рис. 2 и 3 приведены радиотепловые матрицы, построенные в сферической системе координат для двух точек измерения



смещённых на 1 метр в горизонтальной плоскости положений радиотеплолокатора (рис. 1) [6].

На рис. 4,5 представлено совмещение полученных радиотепловых матриц (рис. 2,3 соответственно) с соответствующей им оптической панорамой.

На схеме измерения (рис. 7) в качестве объектов радиотеплолокации рассматривались металлические защитные колпаки вентиляционных шахт, расположенных на крыше учебного корпуса №3 ВлГУ, которые хорошо идентифицируются на пространственной радиотепловой матрице (рис. 4,5). С помощью схемы (рис. 7) была проведена оцен-



ка расстояния от радиотеплолокатора до объектов локации. Оценка расстояния проводилась геометрическим методом по расстоянию и двум углам (рис. 6) [4].

Расстояние до защитного колпака левой шахты вентиляции, составило  $L_1=42,29$  м, для правой  $L_2=47,68$  м. Погрешность в обоих случаях не превышала 0,5м, что укладывается в погрешность схемы, и была обусловлена в основном неточностью оценки реального расстояния по строительной схеме корпуса, на которой производилось измерение.



$$\angle CAB=90+11,68=101,68;$$

$$\angle C1AB=90-9,19=80,81;$$

$$\angle CBA=90-13=77;$$

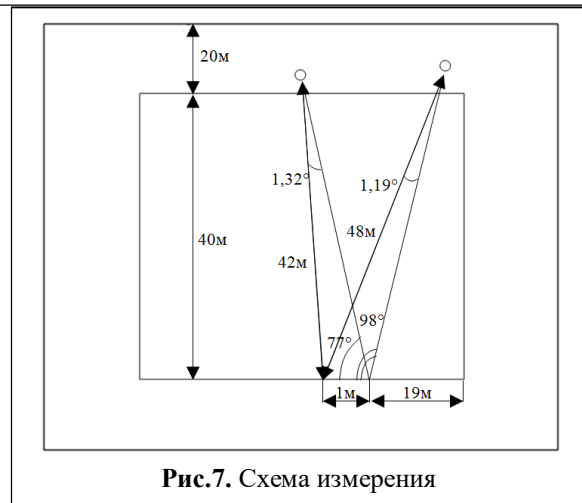
$$\angle C1BA=90+8=98;$$

$$\angle ACB=1,32; \angle AC1B=1,19;$$

$$AB=1\text{м.}$$

$$CA=AB \cdot \sin(\angle CBA) / \sin(\angle ACB) = 1 \cdot \sin 77 / \sin 1,32 = 42,29\text{м.}$$

$$C1A=AB \cdot \sin(\angle C1BA) / \sin(\angle AC1B) = 1 \cdot \sin 98 / \sin 1,19 = 47,68\text{м.}$$



Таким образом, средствами радиотеплолокации можно с достаточной точностью определять расстояние до объектов, что может быть использовано в навигационных задачах на любых подвижных объектах, а также, в военно-технических задачах. Используемый в данном радиометре диапазон частот повышает разрешающую способность и даст возможность более точного определения углов [7]. Радиотеплолокация может использоваться и в гражданских целях при геологических, геофизических и метеорологических исследованиях, обнаружения лесных и подземных пожаров [5].

### Литература

1. Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплолокация ( пассивная радиолокация) // Под ред. А.А. Красовского. – М.: Сов. радио, 1964. – 336 с.
2. Степаненко В.Д., Щукин Г.Г., Бобылев Л.П., Матросов С.Ю., Радиотеплолокация в метеорологии, Л.:Гидрометеиздат 1987.-283с.
3. Арманд, Н.А., Башаринов, А.Е., Шутко, А.М. Исследования природной среды радиофизи-

ческими методами / Н.А. Арманд; А.Е. Башаринов; А.М. Шутко. – Известия ВУЗов. Радиофизика, 1977, № 6, С. 809 – 839.

4. Гаврилов В.М., Никитин О.Р., Решение экологических задач наземно-дистанционными радиофизическими методами/ Гаврилов В.М., Никитин О.Р. – Муром 2009, с 6-14.

5. Гаврилов В.М., Никитин О.Р., Исследование поверхности и недр земли электромагнитными методами/ Гаврилов В.М., Никитин О.Р. – Владимир 2009, с 134-165.

6. Волосюк В.К., Кравченко В.Ф., Статистическая теория радиотехнических систем дистанционного зондирования и радиолокации/ Волосюк В.К., Кравченко В.Ф. – Москва Физматлит 2008 с.313-407

7. Пирогов Ю.А., Микроволновые средства радиовидения и дистанционного зондирования

**Поступила 18 сентября 2018 г.**

объектов природной среды/ Пирогов Ю.А. – Контентант, т.12 №3 с28-37

8. Клочко В.К. Измерение бортовой системой пассивного видения пространственных координат движущихся по поверхности объектов // Изв. вузов России. Сер. Радиоэлектроника. 2008. Вып. 5. С. 60 – 64

9. Розанов С.Б., Радиоспектрометры диапазонов волн 2 мм и 1,5 мм для экологических атмосферных исследований / С.Б. Розанов [и др.]// Физические проблемы экологии (Экологич. физика). – М.: Изд. МАКС-ПРЕСС, 2008. – С.296-304

10. Солдатов Д.П., Система пассивного радиовидения с наклонным сканированием/ Солдатов Д.П., [и др.] – М.: Известия российской академии наук серия физическая. т.76 №12 2012 с 1371-1373.

In this article the method of determining the distance to an object by means of remote radiometry with stealth and all-weather handling. To perform the experiment were used radioaparati 3mm range with a sensitivity of 0.1 K, which was based thermal matrix were compared with the panorama of the area. As a method of range estimation selected geometric method of determining the distance along the side and two angles. Also describes the characteristics of the antenna device and the results of measurements. Identified the possibility of using this technique in various fields.

*Key words:* radiometry, remote radiometry, thermal matrix.

*Спеньков Кирилл Анатольевич* – магистрант, институт информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*E-mail:* Kirill19870@yandex.ru

*Гаврилов Валериан Михайлович* – кандидат технических наук, преподаватель доцент кафедры радиотехники и радиосистем института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*E-mail:* valerian.gavrilov@mail.ru.

*Никитин Олег Рафаилович* – доктор технических наук, заведующий кафедрой радиотехники и радиосистем института информационных технологий и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*E-mail:* olnikitin@mail.ru.

*Адрес:* 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87.