

## MODERN AVIATION AND SPACE TECHNOLOGY

UDC 681.327.8: 681.3.08

**Volodymyr Kharchenko<sup>1</sup>**  
**Vitaliy Larin<sup>2</sup>**  
**Iana Savitskaya<sup>3</sup>**

### THE ACCURACY MEASUREMENT OF HARDWARE TOOLS METROLOGICAL CHARACTERISTICS FOR SPECTRAL FRACTIONS SIGNAL IDENTIFICATION

<sup>1</sup>Ningbo University of Technology

201 Fenghua Road, Ningbo, Zhejiang, China, 315211

<sup>1,2</sup>National Aviation University

Kosmonavta Komarova avenue 1, 03680, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Donetsk National Technical University

2, Shybankova square, Krasnoarmiysk 85300, Ukraine

E-mails: <sup>1</sup>kharch@nau.edu.ua; <sup>2</sup>vjlarin@gmail.com.ua; <sup>3</sup>jana.s2010@ya.ru

**Abstract.** *Abstract. The article gives the accuracy figures quantitative assessment by the example of hardware tools basic main metrological characteristics determination, which allows provide the trustworthiness of signals spectral components in the real time mode. The influence of random error fractions is automatically taken into account.*

**Keywords:** algorithm of spectral signal accuracy; accuracy measurement precision; error vector; one-sigma value; receiving-amplifying tract; scanning receiver

#### 1. Introduction

The measurement information is one of the basic constituent at the process of unit automatic control system creations.

The accuracy rating of measurement is an important part of any experimental and research work.

The metaheuristic control of objects provides signals regeneration accuracy [1, 5, 7, 8, 9].

The gage-information part of the automatic control system has a number of characteristics, main of which are informational and metrological.

The main informational characteristic is data flow from the object. It is desired magnitude and depends on its dynamic characteristics and accuracy requirements.

The accuracy and validity of measurements are the main metrological characteristics that define processing and signal restitution accuracy [2, 4, 6].

#### 2. Problem statement

The sources of errors caused by information transfer medium constituents.

Their purpose is timely detection and error analysis with further hardware tools increasing signals type accuracy identification. It is especially important for process control realization [9].

The imperfect harmonic errors identification and physical medium errors in the receiving-transmitting

process have an influence on signal restitution process and need background studies.

Further the example of concrete methodic realization for spectrum error measurement defined with scanning receiver is given for  $i$  measurements of parameter  $a$ .

The reference generator instability defines the relative frequency deviation of scanning receiver tuning that was calculated according to the algorithm given:

1. To measure the reference generator frequency 20 times during twenty-four hours with different time slot.

2. The measurement precision depends on One-Sigma Value (OSV):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f)^2}{n-1}},$$

where the frequency mean  $f$  calculated according to known process [10]

$$f = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}.$$

3. The frequency measurement results  $f$  and OSV are given in the Table 1.

**Table 1.** The results of receiver reference generator frequency measurement

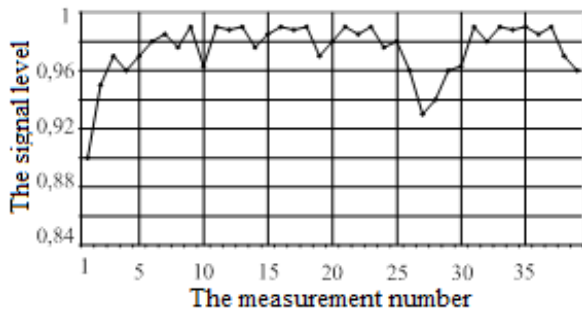
Measurement number	$f$ , Hz	Measurement number	$f$ , Hz
1	5000000	12	5000001
2	5000001	13	4999999
3	5000002	14	5000000
4	4999999	15	4999998
5	4999998	16	4999999
6	4999997	17	5000000
7	5000003	18	5000003
8	5000002	19	5000000
9	4999998	20	4999998
10	4999997	Sum	99999995
11	5000000	Average	5000000

4. The receiver frequency tuning OSV to the channel frequency is 1,849609 Hz that forms 0,0000037 %.

The error magnitude is negligible, therefore the reference generator can be used for signal type accuracy increasing in communication channel with hardware tools.

The evaluating algorithm of Frequency Response Ripple (FRR) correction vector includes:

1. To determine the real receiving-amplifying FRR (Fig. 1).



**Fig. 1.** The real receiving-amplifying track FRR

To feed the receiving-amplifying tract (RAT) with amplitude-calibrated and frequency-calibrated harmonic signals of normal level by turn.

The frequency nominal are given in the Table 2.

To measure the value of the real FRR – the output receiving-amplifying tract signal level, the results put into the Table 2.

2. To fill the Table 2 with “ideal FRR” values

3. To evaluate the error vector  $E_i$  (Fig. 2):

$$E_i = l - a,$$

where  $l$  – the ideal FRF value;

$a$  – the real FRF value.

**Table 2.** The frequency changes error vector measurements

$f$ , Hz	The signal level at the RAT exit	The ideal FRR	The error vector
10	0,9	1	0,1
20	0,95	1	0,05
50	0,97	1	0,03
60	0,96	1	0,04
200	0,97	1	0,03
400	0,98	1	0,02
1000	0,985	1	0,015
2000	0,976	1	0,024
5000	0,99	1	0,01
10000	0,963	1	0,037
12500	0,99	1	0,01
15374	0,988	1	0,012
15625	0,99	1	0,01
20000	0,976	1	0,024
22000	0,985	1	0,015
50000	0,99	1	0,01
100000	0,988	1	0,012
200000	0,99	1	0,01
450000	0,97	1	0,03
455000	0,98	1	0,02
465000	0,99	1	0,01
500000	0,985	1	0,015
1000000	0,99	1	0,01
2000000	0,976	1	0,024
3580000	0,98	1	0,02
4250000	0,96	1	0,04
4406000	0,93	1	0,07
4430000	0,94	1	0,06
5000000	0,96	1	0,04
5100000	0,963	1	0,037
5200000	0,99	1	0,01
5300000	0,98	1	0,02
5400000	0,99	1	0,01
5500000	0,988	1	0,012
5742000	0,99	1	0,01
5850000	0,985	1	0,015
6000000	0,99	1	0,01
6258000	0,97	1	0,03
6500000	0,96	1	0,04

4. To compensate the FRR rippling:

$$S_p = S_n + E_i,$$

where  $S_p$  – compensated spectrum;

$S_n$  – uncompensated spectrum.

The Fig. 3 shows the FRR compensation algorithm.

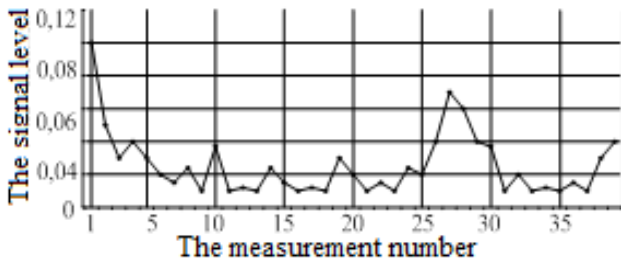


Fig. 2. The FRR error vector

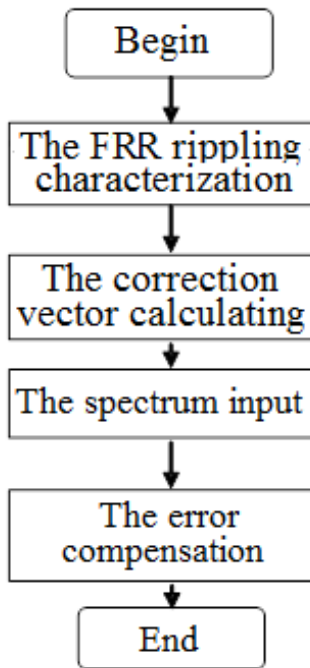


Fig. 3. The FRR rippling compensation algorithm

The algorithm of spectral signal accuracy includes:

1. To define the measuring spectrum error.
  - to feed the spectrum analyzers with video signals SECAM and make measurements;
  - to define the relevant spectrum fractions of SECAM video signal;
  - to make measurements of signal spectrum in the band given with two minutes time slot (Fig. 4).
2. To fill the Table 3 with spectrum analyzer readouts and evaluate the OSV.

The character of video signal SECAM spectrum change is shown on the Fig. 5.

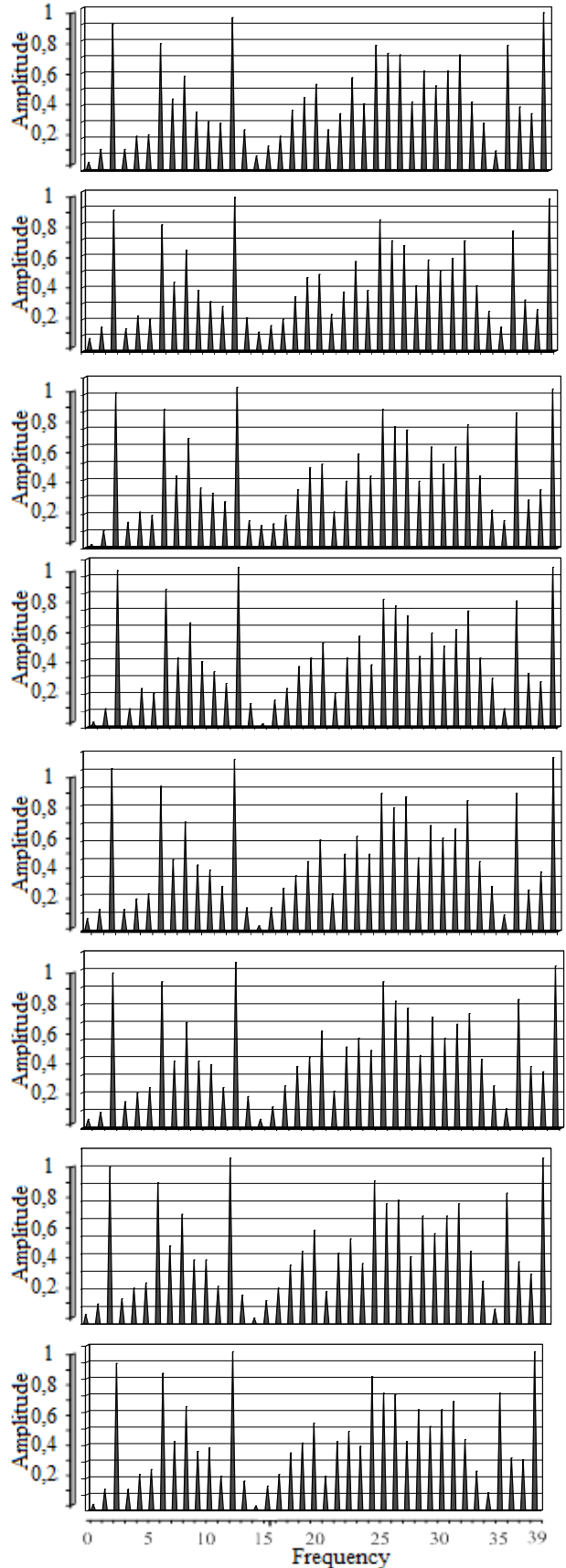
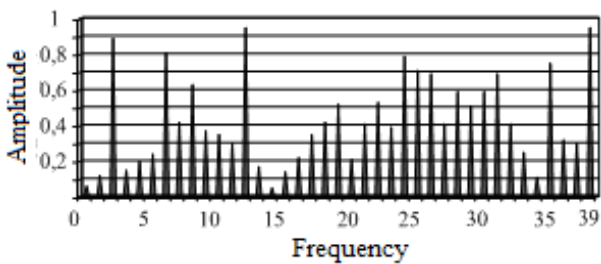


Fig. 4. The examples of video signal SECAM measured spectrum fractions

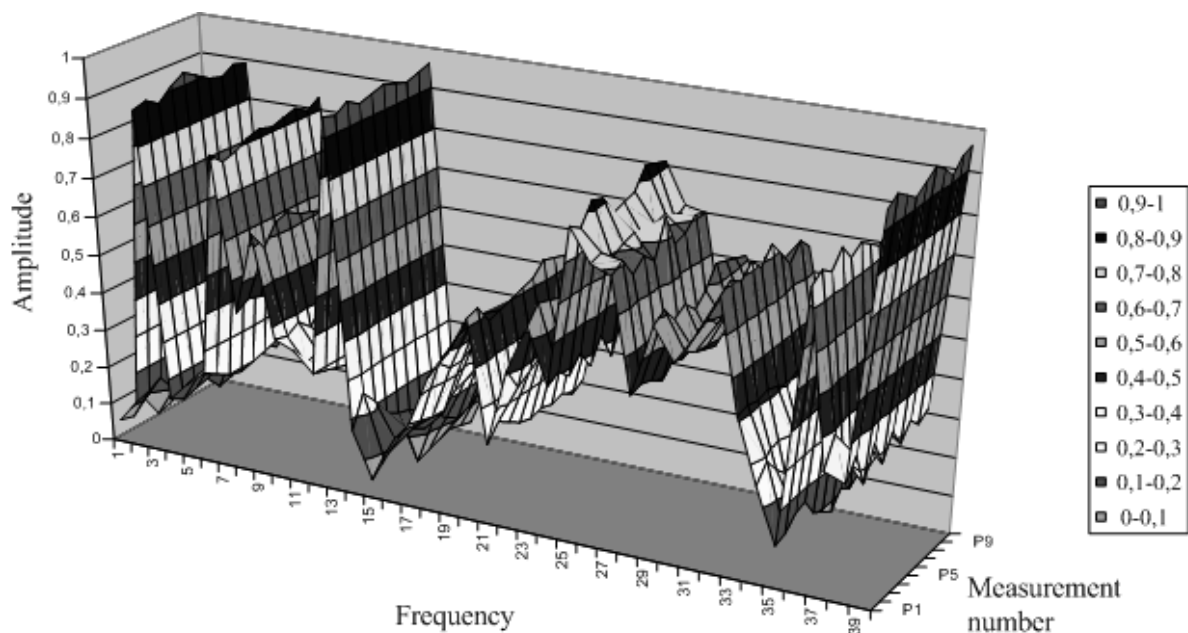


Fig. 5. The character of video signal SECAM spectrum change

Table 3. The one-sigma value

Frequency, Hz	Measurement number										OSV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	0,06	0,05	0,08	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05	0,06	0,04	0,003
20	0,12	0,13	0,15	0,1	0,11	0,12	0,14	0,09	0,12	0,13	0,00289
50	0,89	0,9	0,88	0,91	0,93	0,91	0,89	0,88	0,9	0,89	0,00216
60	0,15	0,13	0,14	0,15	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15	0,13	0,00184
200	0,2	0,21	0,22	0,21	0,23	0,18	0,19	0,2	0,21	0,22	0,00201
400	0,24	0,22	0,2	0,19	0,2	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,0036
1000	0,81	0,78	0,79	0,81	0,82	0,81	0,82	0,83	0,81	0,83	0,00229
2000	0,42	0,44	0,43	0,42	0,41	0,4	0,39	0,38	0,45	0,42	0,00424
5000	0,63	0,58	0,63	0,64	0,62	0,61	0,6	0,6	0,63	0,63	0,00321
10000	0,37	0,36	0,38	0,35	0,39	0,37	0,35	0,38	0,37	0,36	0,00156
12500	0,35	0,3	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,00609
15374	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,00825
15625	0,95	0,94	0,96	0,94	0,95	0,96	0,95	0,94	0,95	0,96	0,0006
20000	0,17	0,25	0,21	0,16	0,14	0,13	0,11	0,18	0,17	0,18	0,0144
22000	0,05	0,09	0,12	0,13	0,02	0,03	0,04	0,05	0,04	0,03	0,0138
50000	0,14	0,15	0,16	0,14	0,16	0,13	0,11	0,12	0,14	0,15	0,0024
100000	0,22	0,21	0,2	0,19	0,23	0,24	0,25	0,24	0,21	0,22	0,00329
200000	0,35	0,37	0,34	0,34	0,36	0,31	0,32	0,35	0,34	0,35	0,00281
450000	0,42	0,45	0,46	0,47	0,41	0,39	0,38	0,4	0,42	0,41	0,00809
455000	0,52	0,53	0,48	0,49	0,5	0,51	0,52	0,55	0,54	0,53	0,00441
465000	0,21	0,25	0,23	0,21	0,2	0,21	0,2	0,21	0,19	0,21	0,00256
500000	0,41	0,35	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,41	0,42	0,0102
1000000	0,53	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,49	0,48	0,00756
2000000	0,39	0,41	0,38	0,42	0,37	0,43	0,36	0,44	0,35	0,39	0,00824
3580000	0,79	0,77	0,82	0,81	0,76	0,77	0,78	0,83	0,82	0,81	0,00564
4250000	0,71	0,72	0,69	0,71	0,72	0,69	0,71	0,72	0,69	0,71	0,00141

Completion of tabl. 3

4406000	0,69	0,71	0,66	0,69	0,66	0,75	0,67	0,68	0,71	0,7	0,00676
4430000	0,41	0,42	0,41	0,39	0,42	0,41	0,42	0,41	0,39	0,42	0,0012
5000000	0,59	0,61	0,57	0,59	0,56	0,59	0,64	0,63	0,62	0,61	0,00589
5100000	0,51	0,52	0,5	0,49	0,48	0,52	0,48	0,51	0,52	0,51	0,00224
5200000	0,59	0,61	0,58	0,59	0,58	0,57	0,57	0,59	0,62	0,61	0,00269
5300000	0,69	0,71	0,69	0,72	0,69	0,73	0,69	0,65	0,69	0,66	0,00536
5400000	0,41	0,42	0,41	0,42	0,41	0,39	0,41	0,39	0,42	0,43	0,00149
5500000	0,25	0,29	0,25	0,22	0,29	0,25	0,23	0,24	0,25	0,24	0,00469
5742000	0,11	0,12	0,15	0,16	0,11	0,09	0,07	0,11	0,09	0,11	0,00656
5850000	0,75	0,77	0,75	0,79	0,75	0,77	0,75	0,73	0,75	0,71	0,00436
6000000	0,32	0,39	0,32	0,28	0,32	0,23	0,32	0,35	0,36	0,32	0,01709
6258000	0,3	0,35	0,26	0,34	0,27	0,33	0,28	0,32	0,29	0,31	0,00825
6500000	0,95	0,97	0,95	0,93	0,95	0,97	0,95	0,92	0,95	0,96	0,0022

### 3. Conclusions

1. The quantitative accuracy evaluation of the main metrological hardware tools characteristics is given.

2. The OSV of reference generator is proved to be 0,0000037%, so it can provide estimate reliability of spectrum fractions in the real time mode.

3. The hardware tools can provide original material (researched spectrum signals) in the real mode exploitation conditions or near it.

4. The hardware tools provide the automatic random error fractions influence discount of spectrum measurement, such as: pressure, humidity, environment temperature, time of day, object position and so on.

5. Further research in ideal conditions and comparative analysis with origin material will define quantitative fractions meanings of random error, find the partition law and liquidation method.

### References

[1] Afonskii, A.A.; Diakonov, V.P. Digital analyzers of signal spectrum and logic. Moscow, Solon-Press. 2009. – 247 p. (in Russian).

[2] Ishanin, G.G.; Pankov, E.D.; Andreev, A.L. Sources and receivers of interference Moscow, Mir, 1991. – 240 p. (in Russian).

[3] Ivaniuka, I.D.; Ribalka, V.I.; Rudomina-Desiatska, I.A. The elements of theory of probabilities and mathematic statistic. Kyiv, Slovo. 2003. – 272 p. (in Ukrainian).

[4] Kharchenko, I.A.; Larin, V.U.; Savitskaya, V.P. The methodics of signal type identification accuracy with hardware tools. Proceeding of the National Aviation University. Kyiv, National Aviation University. 2014. Vol. 3. – P. 42-48.

[5] Mazda, F.F. Electronic instruments and measurement techniques. Moscow, Mir. 1990. – 535 p. (in Russian).

[6] Neganov, V.A.; Yarovoi, G.P. The theory and application of VHF devises. Moscow, Radio i sviaz. 2006. – 720 p. (in Russian).

[7] Shrufer, E.; Babak, V.P. Signal processing: digital processing of discrete signals. Kyiv, Libed. 1992. – 216 p. (in Ukrainian).

[8] Vasin, V.A.; Vlasov, I.B.; Egorov, U.M. Information technology in radiotechnique systems. Moscow, MGTU Bauman. 2003. – 672 p. (in Russian).

[9] Ventcel, E.S.; Ovcharov, L.A. The theory of random processes and its engineering applications. Moscow, Nauka. 1991. – 384 p. (in Russian).

[10] Volodarskii, E.T.; Kosheva, L.O. Statistical data processing. Kyiv, National Aviation University. 2008. – 308 p. (in Ukrainian).

Received 5 June 2014.

**В. Ю. Ларін<sup>1</sup>, В. П. Харченко<sup>2</sup>, Я. А. Савицька<sup>3</sup>. Оцінка точності метрологічних характеристик апаратних засобів оцінки спектральних складових сигналів**

<sup>1</sup>Технологічний університет Нінбо, дорога Фенхуа, 201, Нінбо, Чжецзян, Китай, 315211

<sup>1,2</sup>Національний авіаційний університет, просп. Космонавта Комарова, 1, Київ, Україна, 03680

<sup>3</sup>Донецький національний технічний університет, площа Шибанкова, 2, Красноармійськ, Україна, 85300

E-mails: <sup>1</sup>kharch@nau.edu.ua; <sup>2</sup>vjlarin@gmail.com.ua; <sup>3</sup>jana.s2010@ya.ru

Розглянуто кількісну оцінку показників точності метрологічних характеристик апаратних засобів, використання яких дозволяє автоматично враховувати сумарну складову випадкової похибки вимірювання спектру сигналу. Показано, як за умови зведення основних показників похибок апаратних засобів до рівня незначущих у процесі їх налаштування забезпечується достовірність ідентифікації спектральних складових сигналів у реальному часі. Наведено алгоритм розрахунку точності налаштування частоти опорного генератора, що реалізує методику визначення похибки вимірювання спектру сканувальним приймачем та забезпечує метаевристичне керування об'єктом.

**Ключові слова:** алгоритм розрахунку точності; вектор похибки; оцінка точності вимірювання; приймально-підсилювальний тракт; середньоквадратичне відхилення; сканувальний приймач.

**В. Ю. Ларин<sup>1</sup>, В. П. Харченко<sup>2</sup>, Я. А.Савицкая<sup>3</sup>. Оценка точности метрологических характеристик аппаратных средств оценки спектральных составляющих сигналов**

<sup>1</sup>Технологический университет Нинбо, дорога Фенхуа, 201, Нинбо, Чжэцзян, Китай, 315211

<sup>1,2</sup>Национальный авиационный университет, просп. Космонавта Комарова, 1, Киев, Украина, 03680

<sup>3</sup>Донецкий национальный технический университет, площадь Шибанкова, 2, Красноармейск, Украина, 85300

E-mails: <sup>1</sup>kharch@nau.edu.ua; <sup>2</sup>vjlarin@gmail.com.ua; <sup>3</sup>jana.s2010@ya.ru

Рассмотрена количественная оценка показателей точности метрологических характеристик аппаратных средств, использование которых позволяет автоматически учитывать суммарную составляющую случайной погрешности измерения спектра. Показано, как при условии сведения основных показателей погрешности аппаратных средств к уровню незначимых в процессе их настройки обеспечивается достоверность идентификации спектральных составляющих сигналов в реальном времени. Приведен алгоритм расчета точности настройки частоты опорного генератора, реализующий методику определения погрешности измерения спектра сканирующим приемником и обеспечивающий метаэвристическое управление объектом.

**Ключевые слова:** алгоритм расчета точности; вектор погрешностей; оценка точности измерения; приемно-усилительный тракт; сканирующий приемник; среднеквадратическое отклонение.

**Vitaliy Larin**

Doctor of Engineering. Professor. Department of Air Navigation Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Education: Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine.

Research area: automated design, measurement of mechanical values, methods and devices of air navigation parameters estimation, speech processing, program controlled embedding devices.

Publications: 141.

E-mail: vjlarin@gmail.com

**Volodymyr Kharchenko.**

Doctor of Engineering. Professor.

Holder of a State Award in Science and Engineering of Ukraine.

Winner of a State Prize of Ukraine in Science and Engineering.

Vice-Rector for Scientific-Research Work, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Head of the Department of Air Navigation Systems, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Professor of Traffic College of Ningbo University of Technology, Ningbo, China.

Education: Kyiv Civil Aviation Engineers Institute with a Degree in Radio Engineering, Kyiv, Ukraine (1967).

Research area: management of complex socio-technical systems, air navigation systems and automatic decision-making systems aimed at avoidance conflict situations, space information technology design, air navigation services in Ukraine provided by CNS/ATM systems.

Publications: 405.

E-mail: knarch@nau.edu.ua

**Iana Savitskaya**

Postgraduate student.

Department of Electronic Engineering,

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine.

Education: Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine (2010).

Research area: informational technology

Publications: 11.

E-mail: jana.s2010@ya.ru