








Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

-  РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
-  ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ
-  ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
-  ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ
-  ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ



**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129    E-mail: [onir@main.tusur.ru](mailto:onir@main.tusur.ru)  
Телефон/Факс: (3822) 900-100    Сайт: <http://tusur.ru/>

Информационный центр абитуриента: [magistrant.tusur.ru](http://magistrant.tusur.ru)

## Сборник избранных статей научной сессии TUSUR



ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
«НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUR–2020»

г. Томск, 13–30 мая 2020 г.  
(в двух частях)

**ЧАСТЬ 2**

г. Томск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

# **Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР**

**по материалам  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2020»**

**13–30 мая 2020 г., г. Томск**

**В двух частях**

Часть 2

В-Спектр  
2020

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**С 23**

**С 23** Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, 13–30 мая 2020 г.: в 2 частях. – Томск: В-Спектр, 2020. – Ч. 2. – 360 с.

**ISBN 978-5-91191-434-9**

ISBN 978-5-91191-435-6 (ч. 1)

**ISBN 978-5-91191-436-3 (ч. 2)**

Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР включает избранные доклады по итогам Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Конференция посвящена различным аспектам разработки, исследования и практического применения радиотехнических, телевизионных и телекоммуникационных систем и устройств, сетей электро- и радиосвязи, вопросам проектирования и технологии радиоэлектронных средств, аудиовизуальной техники, бытовой радиоэлектронной аппаратуры, а также автоматизированных систем управления и проектирования. Рассматриваются проблемы электроники СВЧ- и акустооптоэлектроники, нанофотоники, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности, в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-434-9**

**ISBN 978-5-91191-436-3 (ч. 2)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2020

<b>Е.Ю. Варзарова</b> РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ, УЧАСТВУЮЩИХ В ЦИКЛЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ АЗОТА ПЛОСКОБУТРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ .....	297
<b>Е.С. Загородняя</b> ПРИЧИНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА.....	300
<b>Н.А. Жабина, Б.А. Михалейко, В.В. Чихирева</b> ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА .....	303
<b>А.А. Моногарова, Л.В. Воловикова, А.Л. Златова, Д.И. Клименко</b> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ.....	306

### **СЕКЦИЯ 8**

#### **POSTGRADUATE AND MASTER STUDENTS' RESEARCH IN ELECTRONICS AND CONTROL SYSTEMS**

(Секция на английском языке)

*Председатель – Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ, к.филол.н., доцент;  
зам. председателя – Шнит Е.И., ст. преп. каф. ИЯ;*

*Соболевская О.В., ст. преп. каф. ИЯ; Таванова Э.Б., ст. преп. каф. ИЯ*

<b>М.В. Bardamova</b> APPLICATION OF FUZZY CLASSIFIER FOR CARDIOVASCULAR DISEASE ANALYSIS .....	309
<b>А.А. Ivanov, К.А. Bokova</b> SHIELDING PROPERTIES OF AN ENCLOSURE FILLED WITH ICE .....	312
<b>Е.А. Borisova</b> MODELING THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AERIAL RECONNAISSANCE IN ORDER TO ANALYZE THEIR EFFECTIVENESS FOR THE STUDY OF THE BACKGROUND RADIATION .....	315
<b>Е.В. Chernikova</b> MODAL DECOMPOSITION OF AN ULTRASHORT PULSE IN THE REFLECTION SYMMETRIC MEANDER LINE WITH CONDUCTORS CONNECTED AT ONE END.....	317
<b>Alhaj Hasan Adnan</b> THE EFFECT OF THE DIMENSION DOMAINS ON THE CURRENT DISTRIBUTION ALONG TWO COUPLED WIRES OVER A GROUND PLANE .....	320
<b>Y.S. Zhechev, V.P. Kosteletskii</b> A MODAL FILTER WITH A PARALLEL OSCILLATORY CIRCUIT IN A PASSIVE CONDUCTOR.....	323
<b>А.А. Kvasnikov</b> DATA IMPORT AND EXPORT MODULE OF THE EMC SIMULATION SOFTWARE.....	326

*Научное издание*

## **Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР**

**По материалам  
Международной научно-технической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2020»**

**13–30 мая 2020 г., г. Томск**

**В двух частях**

**Часть 2**

**Корректор – В.Г. Лихачева  
Верстка В.М. Бочкаревой**

---

Издательство «В-Спектр».  
Сдано на верстку 15.04.2020. Подписано к печати 15.05.2020.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать трафаретная. Печ. л. 22,5  
Тираж 100 экз. Заказ 7.

---

Издано ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24  
(для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 8 905 089 92 40  
E-mail: bvm@sibmail.com

2. Bardamova M.B., Konev A.A., Hodashinsky I.A., Shelupanov A.A. A Fuzzy Classifier with Feature Selection Based on the Gravitational Search Algorithm // Symmetry. – 2018. – No. 10. – P. 609.

3. Hodashinsky I. A., Bardamova M. B., Kovalev V.S. Using Shuffled Frog-Leaping Algorithm for Feature Selection and Fuzzy Classifier Design // Scientific and Technical Information Processing. – 2019. – Vol. 46, No. 6. – P. 381–387.

UDC 621.396.677.83

## SHIELDING PROPERTIES OF AN ENCLOSURE FILLED WITH ICE

*A.A. Ivanov, postgraduate student; K.A. Bokova, graduate student,  
Department of Television and Control  
Scientific advisor M.E. Komnatnov, Associate Professor, Ph.D.,  
Department of Television and Control  
Tomsk, TUSUR, anton.ivvv@gmail.com*

This paper evaluates shielding effectiveness of the enclosure filled with ice in the temperature range from  $-50$  to  $0$  °C. Two cases are considered. In the first case, ice fills the enclosure aperture, and in the second case, ice covers the enclosure bottom. The results show that shielding effectiveness deteriorates when the temperature increases. This effect is associated with an increase in ice permittivity.

**Keywords:** shielding effectiveness, enclosure, climatic effects.

Electromagnetic shielding is one of the most reliable means used to increase the noise immunity of radio-electronic equipment. However, shielding structures are often subject to climatic effects and that leads to deterioration of shielding effectiveness. For example, papers [1, 2] show that shielding effectiveness of metal structures deteriorates when they are continuously exposed to a corrosive environment. In some cases, climatic effects can cause icing of the shield, which can be dangerous since the permittivity of ice varies significantly with temperature. The purpose of this work is to evaluate shielding effectiveness of an enclosure filled with ice.

**Initial data.** In the simulation we used a standardized enclosure with dimensions of  $300 \times 120 \times 300$  mm<sup>3</sup> [3]. The geometry of the enclosure is shown in Fig. 1, *a*. An aperture of  $300 \times 2$  mm<sup>2</sup> is located in the upper part of the front wall. The enclosure wall thickness is 1 mm. The simulation was made using the finite element method (FEM) with adaptive mesh refinement. The perfect conductor was used as the enclosure material. The shielding effectiveness was calculated at the frequency range of 1–1000 MHz from the E-field strength at the observation point *P* located in

the center of the enclosure. In the simulation, we used the temperature dependence of the relative permittivity  $\epsilon_r$  of ice, which is shown in Fig. 1, *b*. The value of  $\epsilon_r$  remained constant over the entire frequency range.

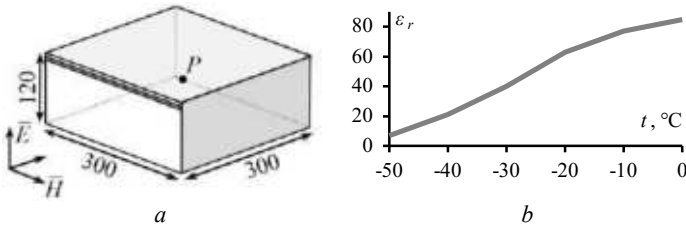


Fig. 1. Geometry of the enclosure used for simulation (*a*) and temperature dependence of ice permittivity (*b*)

**Simulation results and analysis.** Two cases were considered in the simulation. In the first case, ice filled the aperture, and in the second case, ice covered the enclosure bottom. The results of calculating the shielding effectiveness of the enclosure with the filled aperture are presented in Fig. 2. The results show that the resonant frequency of the aperture decreases with the increase of temperature. It leads to 20 dB deterioration of the shielding effectiveness at the low frequency region. Fig. 2 also shows that the first resonant frequency of the enclosure changes when the aperture is filled with ice. For example, this frequency is 707 MHz and 723 MHz for the filled enclosure (at  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and the empty one, respectively.

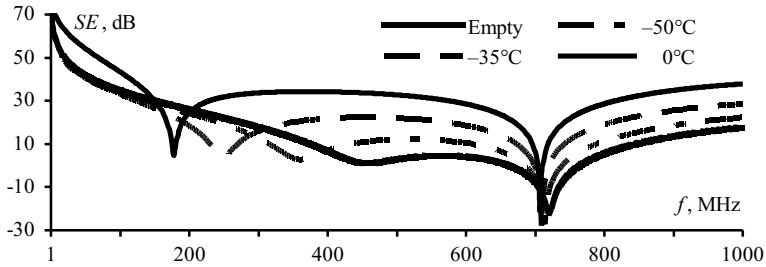


Fig. 2. Shielding effectiveness of the enclosure with the filled aperture at different temperatures

Next, the shielding effectiveness was calculated for the enclosure with the ice-covered bottom (Fig. 3). First, simulation was performed when the temperature of the ice layer (5 mm height) changes (Fig. 3, *a*). Then, the ice layer height ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) was changed from 5 mm to 25 mm (Fig. 3, *b*). The results show that a thin layer of ice does not significantly affect the shielding effectiveness even at a temperature of  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (when the  $\epsilon_r$  value is

maximum). Thus, at 0 °C, the resonant frequency of the enclosure decreases by only 18 MHz. However, if the ice layer height increases, then the resonant frequency decreases significantly, even with a minimum value of  $\epsilon_r$ .

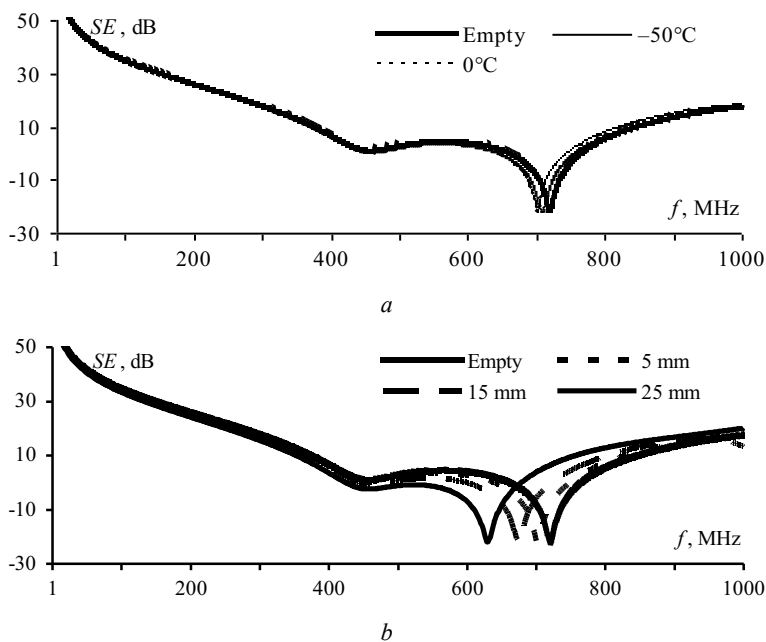


Fig. 3. Shielding effectiveness of the enclosure when the temperature (a) and height (b) of the ice layer are changed

**Conclusion.** Thus, the results show that the ice filling significantly affects the shielding properties. It means that icing can reduce the noise immunity of radio-electronic equipment. What is more, the greatest danger is represented by large apertures or ice layers of large height. For example, at an ice temperature of 0 °C, the resonant frequencies can decrease by more than two times.

#### REFERENCES

1. Pouhe D., Tceg P. Study on corrosion-induced shielding-degradation of EMI gaskets // IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. – 2016. – Vol. 58, Is. 4. – P. 1052–1059.
2. Bhuvanewari S., Salil P., Manivannan S. Study on shielding effectiveness of electronic enclosures with connected accessories under corrosive environment for automobile industry // Proceeding of 2017 Progress in electromagnetics research symposium. – Singapore, 19–22 Nov. – 2017. – P. 1–4.
3. IEEE Std 1597.1–2008. Standard for validation of computational electromagnetics computer modeling and simulation // IEEE Standard, 2008. – 41 p.