

# ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (57) / 2018

1 часть

Редакционная коллегия:

д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

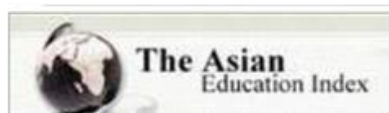
Члены редакционной коллегии:

- Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);
- Игнатъева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан) (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор

д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Международные индексы:



Ответственный редактор:

Главный редактор:

Завальский Яков Андреевич (Россия), доктор психологических наук, профессор

Международный редакционный совет:

Научный редактор: Игнатъев Сергей Петрович (Россия), доктор педагогических наук, профессор  
Ответственный секретарь редакции: Давыдова Наталия Николаевна, кандидат психологических наук, доцент.

Арсеньев Дмитрий Петрович (Россия),

доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией

Бычковский Роман Анатолиевич (Россия),

доктор психологических наук, профессор, МГППУ

Ильченко Федор Валериевич (Россия),

доктор психологических наук, профессор, заведующая лабораторией психологии

Кобзон Александр Владимирович (Россия),

доктор педагогических наук, профессор

Панов Игорь Евгеньевич (Россия),

доктор технических наук, профессор

Петренко Вадим Николаевич (Казахстан),

доктор психологических наук, профессор

Прохоров Александр Октябрьнович (Казахстан),

доктор педагогических наук, профессор

Савченко Татьяна Николаевна (Беларуссия),

кандидат психологических наук, доцент

Стеценко Марина Ивановна (США),

Ph.D., профессор

Строганова Татьяна Александровна (Украина),

доктор педагогических наук, профессор

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович  
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:

г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ; [www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии г. Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Pham T.H., Nguyen M.C., Nguyen V.H.</b> PERFORMANCE IMPROVEMENT OF TARGET DETECTION IN SEA CLUTTER BY EXAMING THE DISPERSION OF POLARIMETRY COEFFICIENT K.....	4
<b>Ахмедов Ш.А.</b> АГРЕГАТ ДЛЯ БОРЬБЫ С СЕЛЬХОЗ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ, ДЕФОЛИАЦИИ И ДЕСИКАЦИИ ХЛОПЧАТНИКА НА БАЗЕ ТРАКТОРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛИРЕНСОМ .....	10
<b>Гимазетдинов Р.Р.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК С ПОРШНЕВЫМИ ДВС .....	12
<b>Занин М. А.,</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ АБС И АБС-ПК ПЛАСТИКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ И ИХ СРАВНЕНИЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УСЛОВИЙ ПЕЧАТИ.....	18
<b>Кадисова.А.Т., Макашева, А.М.</b> КЛАСТЕРНО-АССОЦИАТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ, ПЛОТНОСТИ И КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ГАЛЛИЯ .....	21
<b>Копнова О.Л.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ НЕОЧЕВИДНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПО СРЕДСТВАМ ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ. ....	24
<b>Кукуи Ф.Д.</b> МОДЕЛЬ ФАКТОРА АВАРИЙНОСТИ ДЛЯ ХОДОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ВАХТЫ.....	31
<b>Мягмарсүрэн Б., Монх-Э.Б.-Э. Баатархуу Д</b> ПРОИЗВОДСТВО КОНТАКТНОЙ ВСТАВКИ ТРОЛЛЕЙБУСОВ В МОНГОЛИИ И ЕЁ ИСПЫТАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ .....	37
<b>Папинян М.Г., Есоян А.М., Мосикян К.А.</b> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ДВУОКСИ УГЛЕРОДА В СОСТАВЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ .....	39
<b>Краснов А.Н., Прахова М.Ю.</b> <b>Хорошавина Е.А.</b> АВТОМАТИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ НИЗКОНАПОРНЫХ ШЛЕЙФОВ И КОЛЛЕКТОРОВ ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ .....	41
<b>Краснов А.Н., Прахова М.Ю.,</b> <b>Хорошавина Е.А.</b> АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ.....	47
<b>Чугунов Д.Н., Чубаров К.М.</b> <b>Солдусова Е.О.</b> АНАЛИЗ ПЕРЕКРЕСТНОГО СУБСИДИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	53
<b>Татарченко Г.О., Уваров П.Е.</b> <b>Белошицкая Н.И.</b> ПОВЫШЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ .....	54
<b>Черный Р.А.</b> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СЕГМЕНТОВ В ПОЛНОДУСТУПНОЙ КОММУТАЦИОННОЙ СХЕМЕ С УЧЕТОМ РАЗНОРОДНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ СВЯЗИ.....	60

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## PERFORMANCE IMPROVEMENT OF TARGET DETECTION IN SEA CLUTTER BY EXAMING THE DISPERSION OF POLARIMETRY COEFFICIENT $K$

*Pham Trong Hung*

*Ph-D-student, MA, Military Technical Academy, Socialist Republic of Vietnam*

*Nguyen Manh Cuong*

*Ph-D, Military Technical Academy, Socialist Republic of Vietnam*

*Nguyen Van Hai*

*Ph-D, Military Technical Academy, Socialist Republic of Vietnam*

**ABSTRACT:** The paper proposes a new method to improve the performance of the targets detection in the sea clutter using the dispersion of polarimetry coefficient  $K$ . The performance of detection using the parameter  $K$  and the dispersion of  $K$  were examined with different types of targets in different models of clutter such as Rayleigh, Weibull and Laplace; the special case in that the parameter  $K$  of target is the same as that of the clutter. The results showed that the effectiveness of detection using the dispersion of  $K$  was increased significantly and better than using only the parameter  $K$ .

**Key words:** Polarimetric radar, target detection on the background clutter, polarimetry coefficient, dispersion of polarimetry parameter

### 1. Introduction

Because of the strong fluctuations and the inhomogeneous properties of the sea clutter, the detection of small targets has always been a difficult problem with sea surveillance radar systems, even with the detection based on the Doppler Effect. In this situation, the polarimetry information could be a useful and important tool to improve the detectability.

Since the optimum detector was proposed by Novak 1989 [1], several polarimetry algorithms have been developed [2, 3, 4]. Most of them utilizes general likelihood ratio test (GLRT) [5], under the assumption that covariance matrix of the background clutter can be calculated by the training data, and this is considered as prior knowledge. The detection performance of those detectors decreases significantly in inhomogeneous and nonstationary clutter environment [6]. Another approach to solve this problem is to use the degree of polarization (DoP) for the detection, as suggested in [7]. In the [8], Peng Wu proposed the use of Weighted Average  $H$  ( $WAH$ ) and Weighted Average  $\bar{\alpha}$  ( $WA\bar{\alpha}$ ) in the detection problem. The test results with the real data shows that this method has a high false alarm rate.

From the experiment results to find the "polarization track" effect, which had been done by

Козлов А.И., Татаринов В.Н [9, 10], (Table 1, in that the target is a metallic pipe with the height of 1,5 m and diameter of 0.05 m at a distance of 1 to 5 km above the sea), it can be seen that there are differences of the dispersion of parameters  $K$  scattered from the sea surface without a radar object and a compound object (sea surface together with a small object) besides the differences of mean values  $K$ . Specifically, in the case of the sea surface without a radar object, the dispersion of  $K$  fluctuates in the area  $\approx 0,23 \div 0,56$  depending on the sea states, meanwhile in the case of compound object it is suppressed to the value area  $\approx 0,08 \div 0,12$ . It can be concluded that we can use both the parameter  $K$  and the dispersion of  $K$  in the problem of target detection on the sea surface.

The paper proposes a new method of target detection on the scattered surface (especially on the sea surface) using the dispersion of parameter  $K$ . The paper is organized as follow: part 2 reviews the statistical properties of polarimetric parameter  $K$ ; part 3 examines the problem of target detection on the surface using the parameter  $K$  and proposes an algorithm using the dispersion of  $K$  on that problem; part 4 are the test and the performance comparison of those algorithms. Part 5 is the conclusion.

Table 1: Experimental results of ‘polarization track’ of a small object on the sea surface [9]

Object	Wave height	Mean value	Variance $\sigma_K$
Sea surface	$\approx 0.2$ m	$\langle K \rangle = -0.2 \div 0.1$	$\sigma_K = 0.23$
Sea surface together with a small object	$\approx 0.2$ m	$\langle K \rangle = -0.8$	$\sigma_K = 0.07 \div 0.08$
Sea surface	$\approx 0.4 \div 0.5$ m	$\langle K \rangle = 0$	$\sigma_K = 0.26$
Sea surface together with a small object	$\approx 0.5$ m	$\langle K \rangle = -0.75$	$\sigma_K = 0.033$
Sea surface	$\approx 1.2 \div 1.5$ m	$\langle K \rangle = 0$	$\sigma_K = 0.56$
Sea surface together with a small object	$\approx 1.2 \div 1.5$ m	$\langle K \rangle = -0.7$	$\sigma_K = 0.11 \div 0.125$

**2. Review of statistical properties of the polarimetric coefficient  $K$**

To solve the problem of target detection using the polarimetric parameter, need to use the statistical methods based on the differences of probability density function (PDF) of signal scattered from the surface without target and those together with target. This models can be found in the reference [11].

According to the [11], the PDF  $W(K)$  of polarimetric parameter  $K$  in the case of the correlation coefficient between the orthogonal polarimetric components  $R = 0$  has the form:

$$\begin{aligned}
 W(K, a_1, b, h) = & \frac{4h^2(1-K^2)}{\left[ (1-K)^2 + h^2(1+K)^2 \right]^2} \times \exp \left\{ -\frac{a_1^2 \left[ (1-K)^2 b^2 + (1+K)^2 h^2 \right]}{2 \left[ (1-K)^2 + (1+K)^2 h^2 \right]} \right\} \times \\
 & \times \left\{ \left[ 1 + \frac{a_1^2 \left[ (1-K)^2 + (1+K)^2 h^2 b^2 \right]}{2 \left[ (1-K)^2 + (1+K)^2 h^2 \right]} \right] \times I_0 \left[ \frac{a_1^2 b h (1-K)^2}{(1-K)^2 + (1+K)^2 h^2} \right] + \right. \\
 & \left. + \frac{a_1^2 b h (1-K)^2}{(1-K)^2 + (1+K)^2 h^2} \times I_1 \left[ \frac{a_1^2 b h (1-K)^2}{(1-K)^2 + (1+K)^2 h^2} \right] \right\} \quad (1)
 \end{aligned}$$

where:  $a_i^2 = \frac{E_{0i}^2}{\sigma_i^2}$  - the power ratio of the determine component and the fluctuation component, in which  $i = 2$  for the left hand circular polarization channel, and  $i = 1$  for the right hand circular polarization channel;  $b = \frac{a_2}{a_1} = \frac{E_{0R}}{E_{0L}} \frac{\sigma_L}{\sigma_R} = |P_{ORL}| \frac{\sigma_L}{\sigma_R}$  - characterizes the whole signal, scattering from both target and

background clutter, and  $P_{ORL}$  characterizes the polarimetry feature of the target;  $h^2 = \frac{\sigma_L^2}{\sigma_R^2}$  - the ratio of the orthogonal polarization components, it characterizes the variance of the reflected signals.

In the case of without target on the surface ( $a_1 = a_2 = 0$ ), formular (1) follows the Rayleigh distribution and becomes [11]:

$$W(K, R, h) = \frac{4(1-R^2)h^2(1-K^2) \left[ (1-K)^2 + (1+K)^2 h^2 \right]}{\left\{ \left[ (1-K)^2 + (1+K)^2 h^2 \right]^2 - 4R^2 h^2 (1-K^2) \right\}^{3/2}} \quad (2)$$

From (2), the mean value and the dispersion of  $K$  can be calculated:

$$m_K \square \frac{\left[ 1 - h^4 - 4h^2 \ln h - h(1-h^2)\pi \right] (1 + 0,007 R)}{(1+h^2)^2} \quad (3)$$

$$\sigma_K^2 = \left\{ \frac{16h^2(h^2-1)\ln h + 11h^4 - 15h^2 - h^6 + 5}{(1+h^2)^3} - \frac{(1+h^2)^4 - 4(1-h^2)^4 - 48h^2(1-h^2)^2}{2h(1+h^2)^3} - \frac{[1-h^4 - 4h^2 \ln h - h(h^2-1)\pi]^2}{(1+h^2)^2} - 3 \right\} (1+0,19R - R^2) \quad (3)$$

**3. Detection of target on the sea surface using the parameter  $K$  and the dispersion of  $K$**

Equations (1) and (2) can be used to represent the PDF  $W(K)$  in two cases: the background clutter without target and the background clutter together with target.

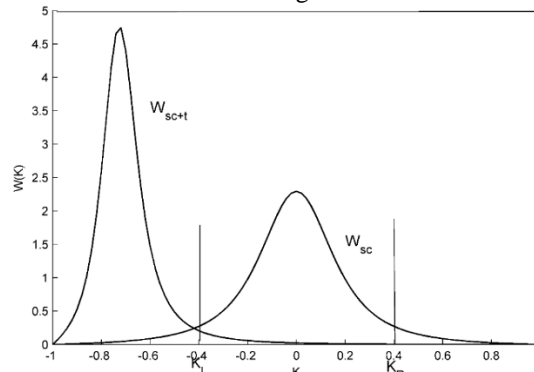


Figure 1. The difference between PDFs of  $K$  in two cases: 1. the background clutter only, and 2. Background clutter together with target

The detection algorithm is as follow: The range of parameter  $K$  is within  $[-1;1]$ , and the range of  $K$  for only the clutter is  $\Delta K_c = [K_L : K_R]$ . It is assumed that the  $K$  which is measured in a radar cell has a value  $K_0$ . If  $K_0$  is outside of the range  $[K_L : K_R]$ , or in other words  $K_0 \in (-1 : K_L) \cup (K_R : 1)$ , it can be concluded that there is a target in that radar cell; vice versa, if  $K_0$  is inside, the conclusion is absent of target.

Similarly, when using the dispersion of the coefficient  $K$  for the problem of detection, need to determine whether or not the target in CUT (cell under test), based on the obtained data. In other words, the detection problem consists of one of two hypotheses:  $H_0$  (no target),  $H_1$  (target is present). The parametric test can be stated as:

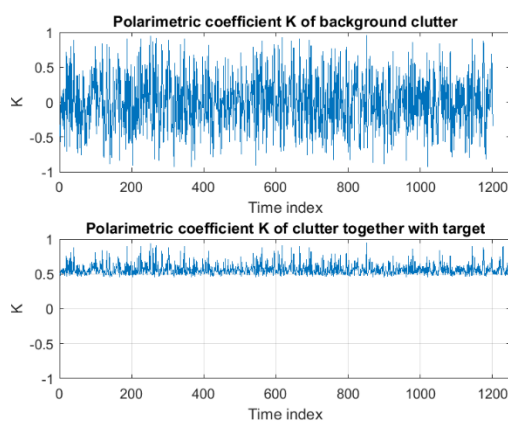
$$\begin{cases} H_0 : \sigma_K^2 > \sigma_K^{th} \\ H_1 : \sigma_K^2 \leq \sigma_K^{th} \end{cases}$$

where  $\sigma_K^2$  is the obtained dispersion of  $K$  and  $\sigma_K^{th}$  is the threshold of the dispersion of  $K$ .

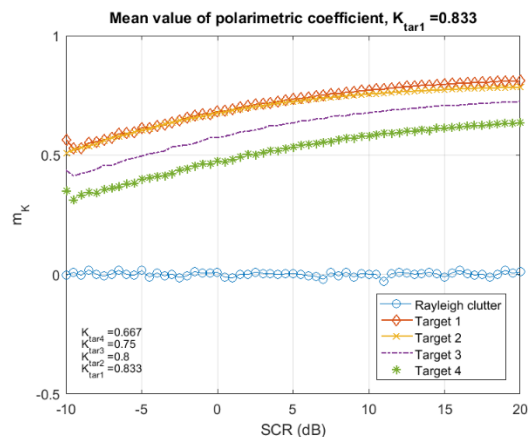
**4. Examination of the detection performance**

**4.1. Target detection using the parameter  $K$  and the dispersion of  $K$  with the different targets**

In this section, using the clutter model with a Rayleigh distribution, the four targets with different values of parameter  $K$  were created: 0,833; 0,8; 0,75; 0,667. The results are presented in the Fig 2. Fig 2a describes the received parameter  $K$  in two cases: only clutter and clutter together with target 1.



a



b

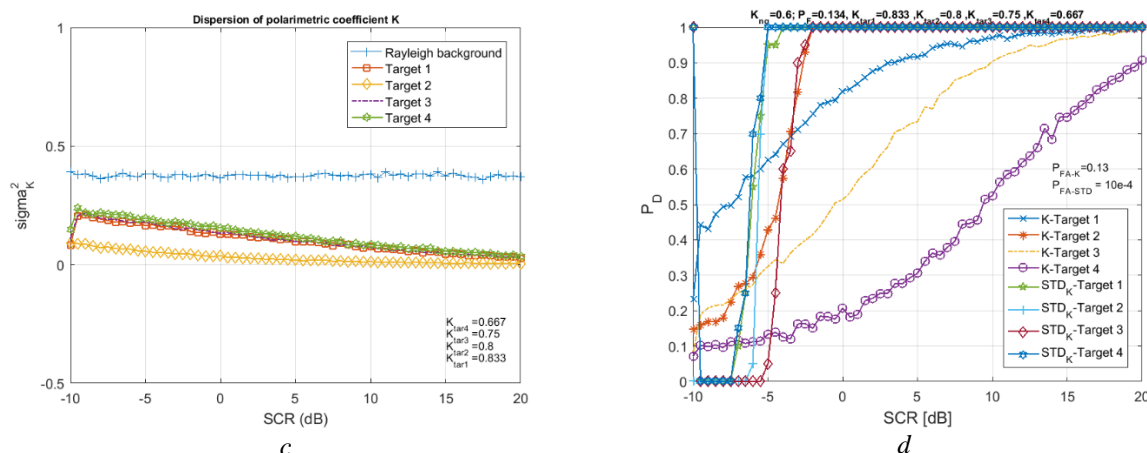


Fig 2

In the Fig 2a, it can be seen that parameters  $K$  have considerable fluctuations in the area  $\approx -1 \div 1$ , this is due to the random fluctuation of the background clutter. Meanwhile, in the case that clutter together with target 1 (below figure), parameter  $K$  fluctuates in the area  $\approx 0,5 \div 0,83$ . In this circumstance, the  $K$  value of the background clutter together with target is not equal to the actual  $K$  value of the target. The dependence of the parameter  $K$  on the SCR (signal to clutter ratio) is shown in the Fig 2b. It can be seen that the mean values of  $K$  of clutter,  $K \approx 0$  (the same as the results in the Table 1) and that parameter of clutter together with target increases as SCR increases. The higher the SCR, the average  $K$  value of clutter together with the target is closer to the real  $K$  value of the target. Target 1 has the highest  $K$  value on the top, target 4 has the smallest  $K$  value at the bottom. It can be seen that there is a difference in the parameter  $K$  in the case of a target together with the background clutter compared to the background clutter only. This indicates that the parameter  $K$  can be used for the target detection problem on the sea surface.

Fig 2c shows the dispersion of the parameter  $K$  relative to the above targets. It shows that the dispersion of the parameter  $K$  for background clutter is highest and approximately 0,4. As the SCR increases, the dispersion of the parameter  $K$  for background clutter together with the target is reduced to zero. It is also possible to see a considerable difference in the dispersion of the parameter  $K$  for background clutter together with the target when compared to only background clutter. While the dispersion of  $K$  for background clutter is about 0,4, that value for background clutter together

with the target varies and decreases as the SCR increases. This parameter can also be used in the target on the sea surface detection problem.

Fig 2d is the result of the test and the comparison of the target detection performance using the coefficient  $K$  and the dispersion of  $K$  with the four targets above. The probability of false alarm when using parameter  $K$ ,  $P_F = 0.13$  and for the case of using dispersion of  $K$ ,  $P_F = 10^{-4}$ . Figure 2d shows that, in the case of using parameter  $K$ , the probability of detection ( $P_D$ ) for target 1 is highest and for target 2 is lowest. Specifically, with SCR = 0 dB, the  $P_D$  for target 1 is 0.8; target 4 is 0.2; target 3 is 0.5. This means that when the target has a parameter  $K$  as far as the  $K$  of the background clutter, the  $P_D$  is higher.

When comparing the method using the parameter  $K$  and the dispersion of  $K$ , the Fig 2d showed that the probability of detection  $P_D$  when using the dispersion of  $K$  is higher. For example with SCR=0 dB,  $P_D \approx 1$  and then the SCR does not affect much of the  $P_D$ . Another advantage of the method using the dispersion of  $K$  is that the probability of false alarms in this case is lower than that of using the  $K$  (0.13 versus  $10^{-4}$ ).

#### 4.2. Target detection on the different models of clutter using the parameter $K$ and the dispersion of $K$

In this section, we will investigate the efficiency of target detection using the coefficient  $K$  and the dispersion of  $K$  with different models of background clutter. The results are presented in Figure 3. The background clutters include: Rayleigh model, Weibull model and Laplace model (Fig 3a). The target has the  $K$  coefficient of 0.8.

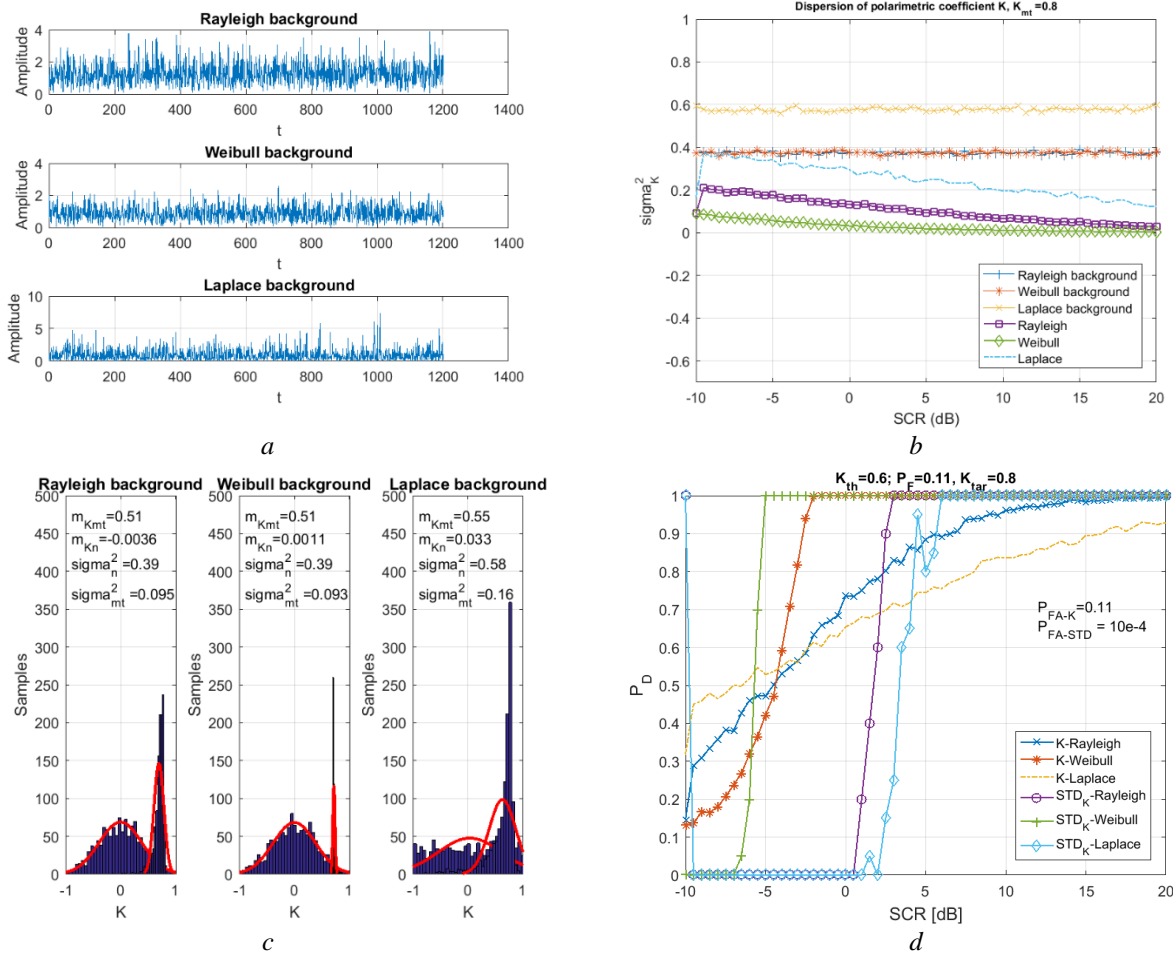


Figure 3

Figure 3b shows the dispersion of  $K$  with different types of background clutter. In this case, the dispersion of  $K$  for the Laplace model is greatest at nearly 0.6, while the dispersions of  $K$  for the Rayleigh and the Weibull models are smaller, approximately equal to and equal to 0.4. In the case of the background clutter together with target, the dispersion of  $K$  for Laplace model is higher than that for the Weibull model and Rayleigh model, and the Weibull model is the smallest. The dispersion of  $K$  in this case also decreases inversely with the SCR, in particular  $\sigma_K$  decreased from 0.2 to approximately 0 as the SCR increased from -10 dB to 20 dB for the Rayleigh clutter model. In this case it can be concluded that using the Weibull clutter model will yield better results than the Rayleigh and Laplace models. This is further illustrated by examining the distribution of the  $K$  for different background clutter models, as shown in Fig 3c.

Fig 3c shows that Laplace's clutter model has the highest dispersion of  $K$   $\sigma_{K_n}^2 \approx 0,58$  the Weibull model has the smallest dispersion of the coefficient  $K$   $\sigma_{K_n}^2 \approx 0,39$ . With this dispersion value, the detection efficiency of the Weibull clutter model is best. This is evident when examining the performance of target detection with background clutter models presented in Fig 3d.

Fig 3d shows the results of the performance detection using parameter  $K$  and the dispersion of  $K$  with different background clutter models. The  $P_{FA}$  when using coefficient  $K$  approximately  $P_{FA} = 0,11$  and  $P_{FA} = 10^{-4}$  in the case using the dispersion of  $K$ . It can be seen that the Weibull model yields the best result, for example with  $SCR = 0\text{ dB}$ ,  $P_D = 0.7$  for the Laplace model,  $P_D = 0.8$  for the Rayleigh model and  $P_D = 0.98$  for the Weibull model. When comparing the detection efficiency between the method using  $K$  and the method using the dispersion of  $K$ , it is found that the  $P_D$  of method using the dispersion of  $K$  is better, and the  $P_{FA}$  is also smaller than for all types of clutter models.

#### 4.3. Target detection using the dispersion of $K$ when the target has the same distribution of the polarization parameter as background clutter

Another advantage of using dispersion of  $K$  in the target detection problem is that when the target has a coefficient  $K$  that is similar to the average  $K$  of the background clutter, the results are presented as shown in Fig 4a. In this case, the coefficient  $K$  cannot be used to discriminate or detect targets on the background clutter because there is no difference in this parameter in two cases: only background clutter and background clutter together with target. This test was also conducted with different background clutter models and a target having  $K \approx 1$ . The average  $K$  coefficient and the dispersion of  $K$  for different models of background clutter are shown in Figures 4b and 4c.



Figure 4b shows that the average  $K$  of the background clutter and clutter together with target for different clutter models are the same and close to 0. Thus, it will be impossible to distinguish the target on the background clutter based on this parameter. However, in view of the results shown in Fig 4c, it is found that the dispersion of  $K$  in the case of clutter together with target is different from that of the background clutter alone. This dispersion value decreases as the SCR increases. It can be seen that when the coefficient  $K$  cannot be used for the detection problem, the dispersion of

$K$  can be used to detect the target on the clutter surface as an alternative solution.

Fig 4d shows that the target cannot be detected using the coefficient  $K$ , whereas if the dispersion of  $K$  is used, then the  $P_D$  is good. Specifically, with SCR = 0 dB,  $P_D \approx 1$  for different models of background clutter.

This is the most obvious effect of the method using the dispersion of  $K$ . Regardless of the coefficient  $K$  of the target, it is the same as the coefficient  $K$  of the background clutter that can be detected on the surface clutter when using the dispersion of  $K$ .

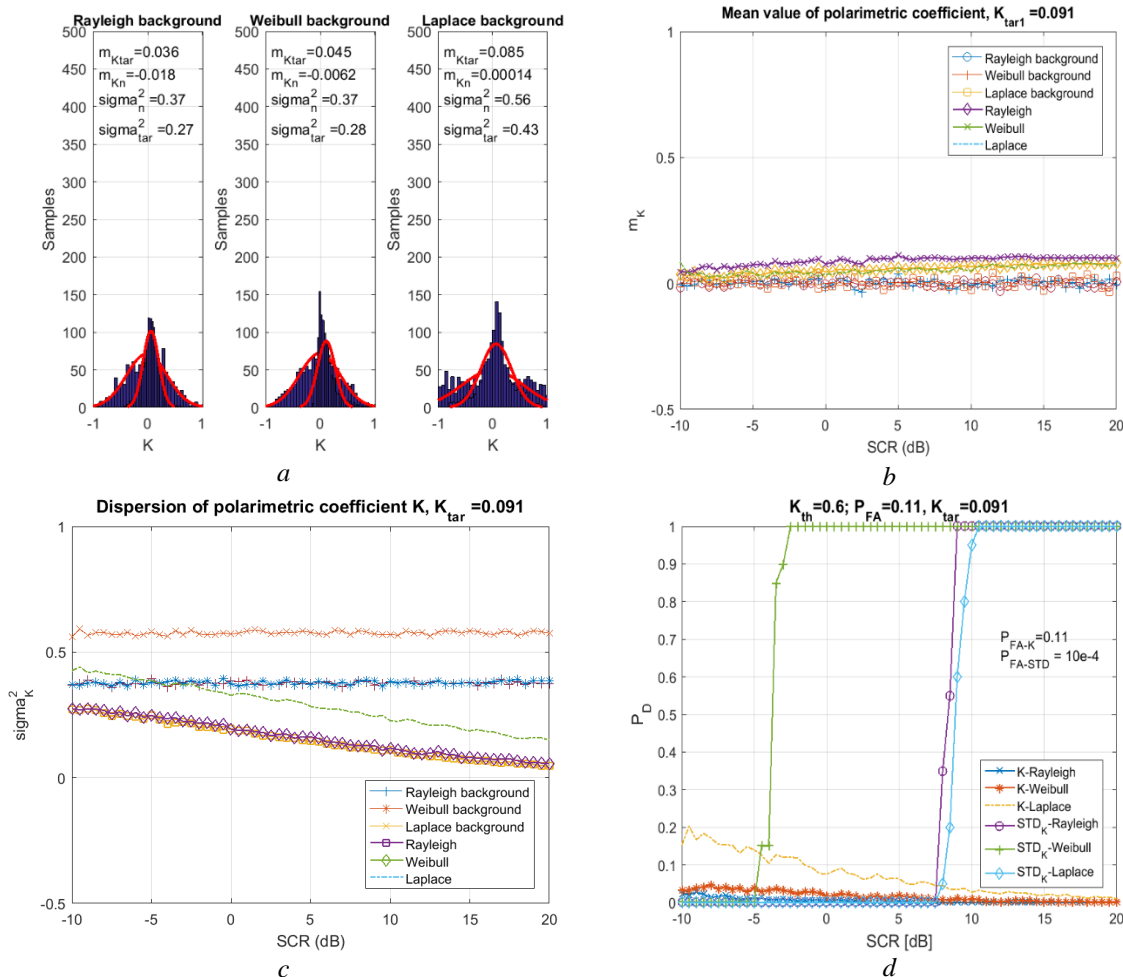


Figure 4

### 5. Conclusion

The article proposes a new method for detecting targets on the surface using the dispersion of the polarization coefficient  $K$  of the reflected signal. The authors examined the detection efficiency using the coefficient  $K$  and the dispersion of  $K$  with different targets, different models of background clutter and in special cases where the target has a coefficient  $K$  that is similar to the coefficient  $K$  of the background clutter. The results show that the efficiency of the method using the dispersion of  $K$  is better than the case when using the coefficient  $K$ . Especially in cases where the coefficient  $K$  of the target is similar to the coefficient  $K$  of the background clutter, it is impossible to use the coefficient  $K$  for the detection problem but can still detect the target when using the dispersion of  $K$ .

This new method can be applied to other polarimetry parameters when detecting or discriminating targets on the background surface. The effect of target detection on the surface will be significantly improved when simultaneously examining the polarization parameter and the dispersion of that parameter.

### References

[1] Novak L. M and Sechtin M. B, "Studies of target detection algorithms that use polarimetric radar data," IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, vol. 25, no. 2, pp. 150-165, Mar, 1989.

[2] Pastina D, Lombardo P and Bucciarelli T, "Adaptive polarimetric target detection with coherent radar. Part I: Detection against Gaussian background," IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst, vol. 1, no. 4, pp. 1194-1206, 2001.

- [3] R.D. Chaney, "On the Performance of Polarimetric Target Detection Algorithms," IEEE International Radar Conf, May 1990.
- [4] Valchula G. M and Barnes R. M, "Polarization detection of a fluctuating radar target," IEEE Transactions on aerospace and electronic system, Vols. AES-19, no. 2, March 1983, pp. 250-256, 1983.
- [5] Kelly E. J, "An adaptive detection algorithm," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-22, vol. 1, p. 115—127, 1986.
- [6] Park. H and Wang. H, "Adaptive polarization-space-time domain radar target detection in inhomogeneous clutter environments," Inst. Elect. Eng. Proc. Radar Sonar Navig, vol. 153, pp. 35-43, 2006.
- [7] Bo Ren, Longfei Shi and Guoyu Wang, "Polarimetric Target Detection Using Statistic of the Degree of Polarization," Progress In Electromagnetics Research M, vol. 46, pp. 143-152, 2016.
- [8] Peng Wu, Jun Wang and Wenguang Wang, "A Novel Method of Small Target Detection in Sea Clutter," International Scholarly Research Network ISRN Signal Processing, vol. 33, no. 4, pp. 816-822, 2011.
- [9] Krivin N.N., Tatarinov V.N. and Tatarinov S.V. , "Innovations in Radar Technologies: Polarization Invariants Parameter Utilization for the Problem of Radar Object Detection and Mapping," in Proceedings of the First Postgraduate Consortium International Workshop, Tomsk, Russia, 2011.
- [10] Козлов А. И, Татаринов В.Н and Татаринов С.В, "Поляризационные инварианты в задачах обнаружения малоразмерных РЛО," Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Радиофизика и радиотехника», vol. 171, pp. 14-19, 2011.
- [11] Поздняк С.И. and Мелитицкий В.А., Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн, М.: Сов.радио, 1974, 480 с.
- [12] Козлов А.И, Татаринов В.Н, Татаринов С.Н and Кривин Н.Н, "Поляризационный след при рассеянии электромагнитных волн составными объектами," Научный вестник МГТУ ГА. Серия «Радиофизика и радиотехника», vol. 189, no. 12, pp. 66-72., 2013.

УДК 629.114.2

#### АГРЕГАТ ДЛЯ БОРЬБЫ С СЕЛЬХОЗ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ, ДЕФОЛИАЦИИ И ДЕСИКАЦИИ ХЛОПЧАТНИКА НА БАЗЕ ТРАКТОРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛИРЕНСОМ

*Ахмедов Ш.А.*

*и.о. генерального директора,*

*ООО «Конструкторский технологический центр сельхозмашиностроение»*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.10-12](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.10-12)

**АННОТАЦИЯ:** В статье приводятся некоторые результаты исследований по проверке возможности агрегатирования вентиляторного опрыскивателя TAS-600 с трактором с регулируемым клиренсом TTZ-1033. В результате проведенных работ установлено, что вентиляторный опрыскиватель TAS-600 агрегируется с трактором TTZ-1033 без замечания и их можно использовать при борьбе с сельхозвредителями и болезнями, дефолиации и десикации хлопчатника.

**Ключевые слова:** трактор, клиренс, агрегат, опрыскиватель, навеска, вредители, болезни, дефолиация, десикация, хлопчатник.

В хлопкосеющих хозяйствах для обеспечения вписываемости конструкции в междурядья с развитыми кустами хлопчатника на междурядных обработках, при борьбе с вредителями и болезнями, на дефолиации и десикации хлопчатника используется высококлиренсный трехколесный трактор. Тогда как попытки использования для этой цели 4-х колесных тракторов из-за недостаточной их агротехнической проходимости не увенчались успехом.

В целях устранения этого недостатка, на основе проведенных в СКБ «Трактор» исследований был разработан 4-х колесный универсально-пропашной трактор с регулируемым клиренсом TTZ-1033 [1, 2], имеющий возможность изменения клиренса в зависимости от вида выполняемой агротехнологической операции с низкоклинренсного на высококлиренсное положение и наоборот.

Для проверки возможности применения трактора с регулируемым клиренсом при возделывании хлопчатника и сопутствующих ему культур были

проверены возможности агрегатирования с ним набора машин для предпосевной и междурядной обработки, посева, уборки и транспортировки урожая хлопчатника.

В хлопководстве для борьбы с сельхозвредителями и болезнями, дефолиации и десикации хлопчатника использует тракторные навесные (мнтивируемые) опрыскиватели и опыливатели.

Тракторные монтируемые опрыскиватели по способу нанесения распыленной жидкости на хлопчатник бывают штанговыми и дистанционными [3]. Последнего в большинстве случаев называют вентиляторными опрыскивателями.

Последние годы все больше стали применять вентиляторные опрыскиватели OBX-24, VP-1 и более прогрессивные TAS-600.

В данной статье рассматриваются результаты проверки возможности агрегатирования вентиляторного опрыскивателя TAS-600 (рис.1) с трактором с регулируемым клиренсом TTZ-1033.



Рис. 1. Опрыскиватель вентиляторный универсальный TAS-600

Опрыскиватель вентиляторный универсальный TAS-600 предназначен для борьбы с вредителями и болезнями, дефолиации и десикации хлопчатника, для обработки садов, виноградников, зерновых колосовых и сопутствующих им сельскохозяйственных культур методом опрыскивания жидкими химическими препаратами с пониженными нормами рабочей жидкости односторонней струей или направленным рассеивающим распылом.

Возможно применение опрыскивателя TAS-600 для профилактических обработок межей, обочин дорог, одиночных деревьев и кустарников, очаговых обработок с помощью брандспойта, возможна обработка садов и виноградников.

Опрыскиватель TAS-600 агрегируется с тракторами класса 1,4 - 3, и его краткая техническая характеристика представлена в таблице 1.

Таблица 1 Основные технические характеристики

№ п/п	Наименование показателей	Значение показателей
1	Тип	Навесной
2	Производительность, га/час, до	12,0-19,0
3	Рабочая ширина захвата, м, при обработке посевов:	
	-односторонней направленной струей	35
	-рассеивающим распылом	20
4	Норма расхода рабочей жидкости, л/га	50-500
5	Ёмкость резервуаров, л (общая) не менее	600
6	Масса машины, сухая, кг	275
7	Рабочая скорость движения, км/час	6,3-7,4

Опрыскиватель TAS-600 состоит из следующих сборочных единиц: диафрагменного насоса, редуктора, вентилятора с подвижным рабочим органом, механизмов привода рабочего органа в горизонтальной и вертикальной плоскостях и резервуаров. Распылители расположены на специальном контуре у выходного сопла рабочего органа. Рабочие узлы опрыскивателя монтируются на общей раме, навешиваемой на трактор.

Опрыскиватель TAS-600 комплектуется полиэтиленовыми резервуарами по 600 л. Резервуары имеют заливные горловины и сообщаются между

собой, внутри каждого резервуара вмонтированы гидромешалки. Заправка резервуаров рабочей жидкостью осуществляется от мобильных или стационарных заправочных станций через горловину левого резервуара, снабженную фильтром.

У опрыскивателя TAS-600 диафрагменный насос и вентилятор приводится в движение через ВОМ трактора посредством шарнирного вала и редуктора. Редуктор цилиндрический одноступенчатый, имеет два положения: нейтральное и рабочее, переключается рукояткой.

Опрыскиватель вентиляторный универсальный TAS-600 навешивается сзади трактора.

После навески на трактор были проверены работы механизмов опрыскивателя TAS-600.

Проведенные исследования по оценке агрегатируемости показали возможности агрегатирования опрыскивателя TAS-600 с трактором с регулируемым клиренсом TTZ-1033. При этом навеска опрыскивателя TAS-600 на трактор производится без замечаний и опасного сближения элементов трактора и опрыскивателя TAS-600 отсутствует. Работа опрыскивателя TAS-600 происходит в нормальном режиме, без замечаний.

#### Список использованной литературы

1. Ахметов А.А. Передние мосты универсально-пропашного трактора хлопкового назначения. – Ташкент: Фан, 2014. – 176 с.

2. Патент UZ FAP 00903. Универсально - пропашной трактор / Ахметов А.А., Усманов И.И., Саидаминов С.С., Ахмедов Ш.А. – 2014. – Бюл., №5.

3. Сельскохозяйственная техника. Автомобили /Каталог/. Составители: М.Т.Байиров, С.М.Мамаджанов, М.Н.Олмасов, А.Х.Раджабов, Б.П.Артыкбаев, С.Н.Воинов, А.Е.Толыбаев, Б.Ш.Гайбуллаев. - Т.: ИМЭСХ, «Muxammad poligraf», 2016. - 480 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК С ПОРШНЕВЫМИ ДВС

*Гимазетдинов Руслан Раифович*

*инженер, кафедра Колесных и гусеничных машин  
Южно-Уральского государственного университета,  
г. Челябинск*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.12-17](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.12-17)

**АННОТАЦИЯ:** Целью исследования являлось совершенствование конструкции теплообменников когенерационных энергоустановок с поршневыми двигателями внутреннего сгорания. Предложено техническое решение, заключающееся в том, что сердцевины теплообменника, включенные в контуры систем смазки и охлаждения, находятся в общем корпусе. Благодаря этому температура масла поддерживается близкой к температуре охлаждающей жидкости и нет необходимости в устройствах для её дополнительного регулирования и дополнительном жидкостно-масляном теплообменнике или охладителе масла. Экспериментально, на макетном образце когенерационной установки, подтверждена возможность реализации предложенного технического решения.

**ABSTRACT:** The aim of the study was to improve the design of heat exchangers of cogeneration power plants with reciprocating internal combustion engines. The technical solution is proposed – a heat exchangers cores, included in circuits of the lubrication and cooling systems, are in a common case. Due to this, the oil temperature is maintained close to the coolant temperature and there is no need for devices for its additional regulation and an additional liquid-oil heat exchanger or oil cooler. Experimentally, using the prototype of cogeneration unit, the possibility of implementing the proposed technical solution was confirmed.

**Ключевые слова:** когенерация, энергоустановка, двигатель внутреннего сгорания, утилизация тепла, теплообменник.

**Keywords:** cogeneration, power plant, internal combustion engine, heat utilization, heat exchanger.

Большая часть территории Российской Федерации (до 70 %) относится к зоне децентрализованного энергоснабжения. Энергообеспечение этих регионов осуществляется с применением средств малой энергетики, к которым относятся электро- и теплогенерирующие установки установленной мощностью до 30 МВт, главным образом – дизельные и газопоршневые электростанции на базе поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Как известно, потери тепловой энергии ДВС с отработавшими газами (ОГ) и охлаждающей жидкостью (ОЖ) составляют от 60...100 % (в зависимости от режима нагружения) от тепла, введенного с топливом [1]. Поэтому, для повышения коэффициента использования топлива энергоустановки до 70...90 % [5], целесообразно утилизировать сбросовое тепло первичного двигателя, то есть осуществлять процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии – когенерацию [4]).

Обычно в системах утилизации сбросового тепла ДВС (СУТД) используются два варианта установки теплообменников (ТО) для утилизации тепла системы смазки:

- штатный водо-масляный ТО ДВС, отводящий тепло от системы смазки в систему охлаждения;
- отдельный ТО для системы смазки в составе СУТД.

Первый вариант исполнения переделке не поддается, так как это влечет значительные изменения в конструкции системы смазки. Второй вариант имеет ряд недостатков: необходимость использования дополнительного жидкостно-масляного ТО или охладителя масла и необходимость отдельного регулирования температуры ОЖ и смазочного масла на входе в двигатель. В совокупности это влечет увеличение сложности, материалоёмкости и габаритных размеров СУТД и когенерационной установки (КГУ) в целом. Целью исследования, результаты которого изложены в настоящей статье, являлось совершенствование конструкции ТО КГУ с поршневыми ДВС, а именно – упрощение схемного решения СУТД при одновременном обеспечении стабильности температуры масла в системе смазки.

Было предложено техническое решение, заключающееся в том, что сердцевины ТО, включенные в контуры систем смазки и охлаждения, находятся в общем корпусе. Благодаря этому температура масла поддерживается близкой к температуре ОЖ и нет необходимости в устройствах для её дополнительного регулирования и дополнительном жидкостно-масляном ТО или охладителе масла. На данное техническое решение оформлен патент на полезную модель [2].

Для оценки эффективности и возможности технической реализации этого решения были проведены расчеты с применением математических моделей компонентов, подробно описанных в работе [3]. Для экспериментального подтверждения результатов расчета был изготовлен и испытан макетный образец КГУ на базе дизель-генераторной установки ДГУ-100С (ООО «ЧТЗ-Уралтрак») с двумя вариантами исполнения СУТД:

- вариант 1 – отдельные ТО в системах охлаждения и смазки (рисунок 1), в качестве ТО масла использовался масляный холодильник МХД-4;

- вариант 2 – ТО в системах охлаждения и смазки в общем корпусе (рисунок 2).

Макетный образец теплообменника ТО-1 (в общем корпусе, рисунок 3) был изготовлен из трех масляных радиаторов трактора Т-170 (на трактор устанавливается тот же дизель 4ЧН15/20.5, что и на ДГУ-100С). Радиаторы помещались в бак, через который циркулировала вода внешнего контура. Через два радиатора прокачивалась ОЖ системы охлаждения, через один – масло системы смазки.

Для того чтобы СУТД работала по варианту 1, трубки ТО-1 для подвода / отвода масла заглушались, масло циркулировало через теплообменник МХД-4. В соответствии со схемой (см. рисунок 2) изменялся подвод / отвод воды и ОЖ.

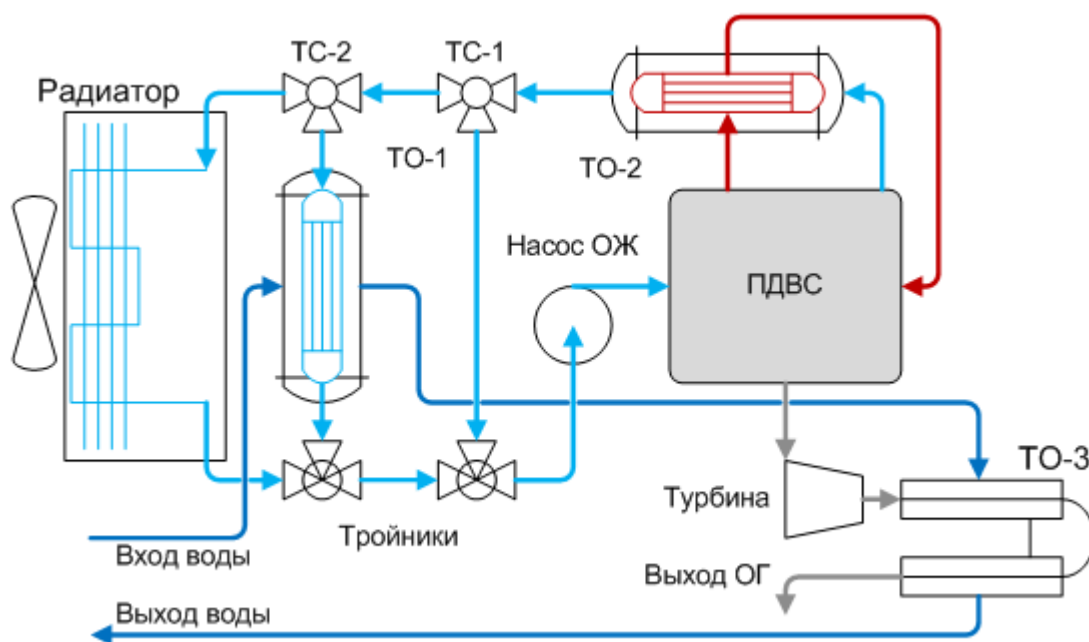


Рисунок 1. Схема макетного образца КГУ (вариант 1): → – внешний контур; → – ОЖ ДВС; → – масло; → – ОЖ; ТС – термостаты; ТО – теплообменники

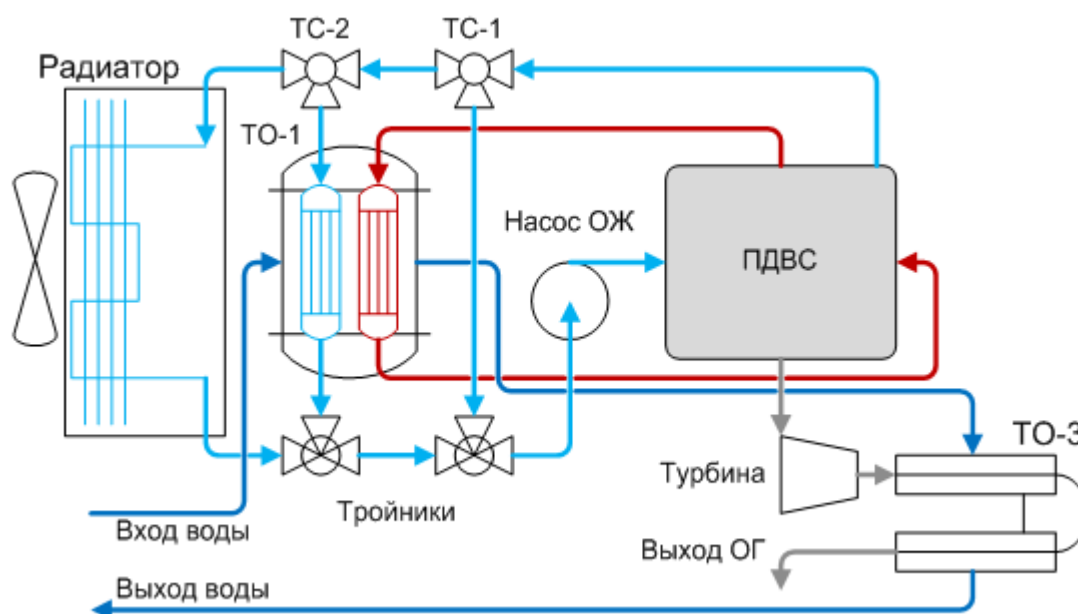


Рисунок 2. Схема макетного образца КГУ (вариант 2): → – внешний контур; → – ОЖ ДВС; → – ОЖ; TC – термостаты; ТО – теплообменники

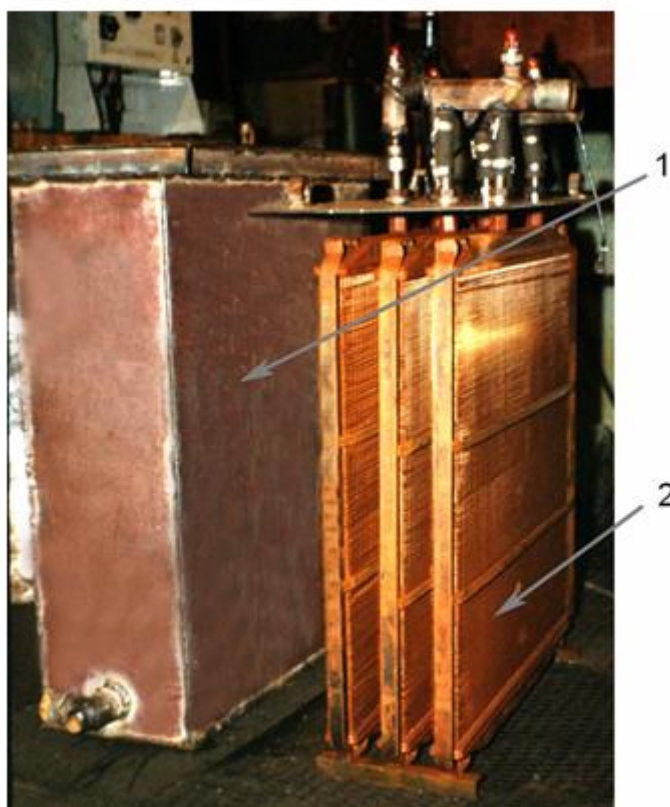


Рисунок 3. Теплообменник в системе охлаждения и смазки: 1 – корпус; 2 – блок радиаторов

Экспериментальная часть исследования производилась на макетном образце КГУ, установленном на испытательном стенде аккредитованной Госстандартом РФ Испытательной лаборатории ОАО «НИИ Автотрактовой техники» (г. Челябинск). Все приборы были поверены в соответ-

ствии с действующими нормативными документами Росстандарта, расходомеры рабочих сред СУТД были откалиброваны.

Сравнение температур сред, полученных в ходе испытаний макетного образца КГУ в различных вариантах исполнения СУТД, приведено на рисунке 4. Вариант 1 обеспечивает несколько большую эффективность охлаждения ОЖ и меньшую

масла, что объясняется неоптимизированной конструкцией макетного образца ТО по сравнению с серийным МХД-4.

Сравнение температур сред, полученных в ходе расчета и испытаний макетного образца КГУ, приведено на рисунке 5.

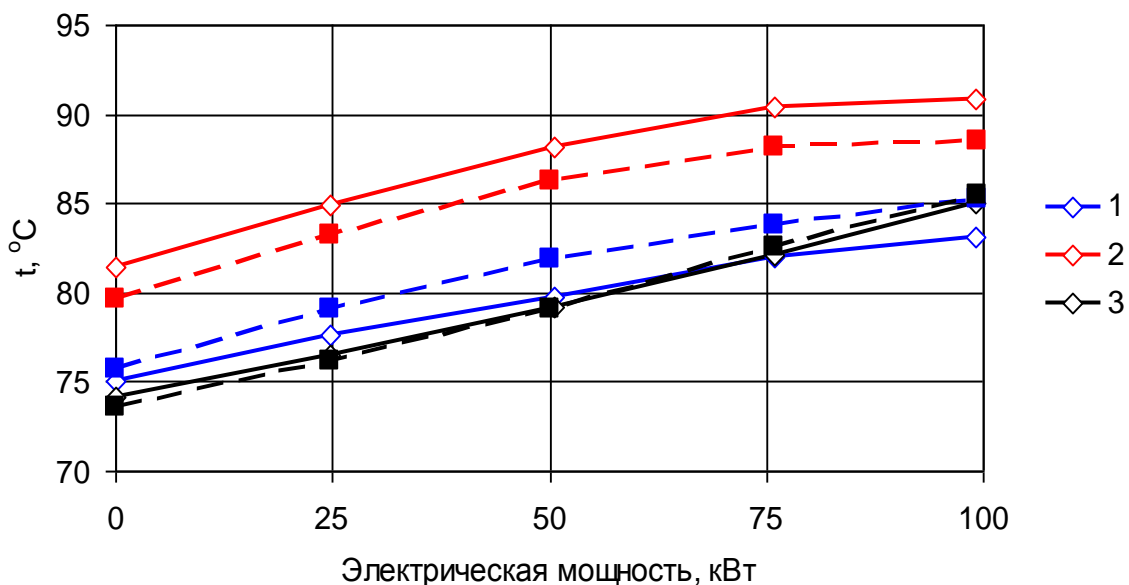


Рисунок 4. Температура сред КГУ: 1 – ОЖ на выходе ТО-1; 2 – масло на выходе ТО-1; 3 – вода на выходе ТО-3 (СУТД);  $\diamond$  – вариант 1;  $\blacksquare$  – вариант 2

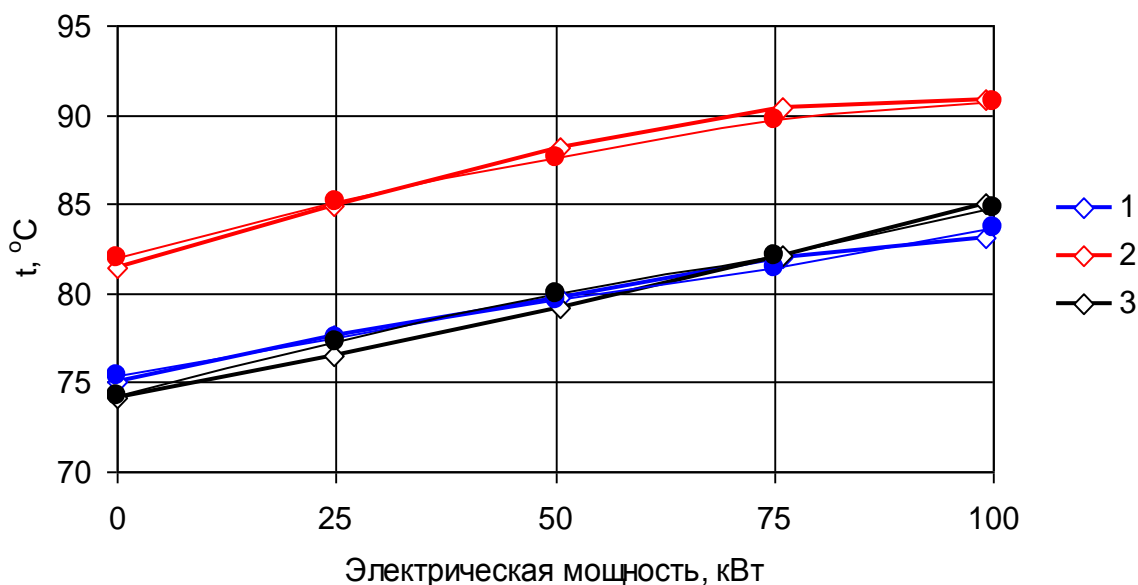


Рисунок 5. Температура сред КГУ: 1 – ОЖ на выходе ТО-1; 2 – масло на выходе ТО-1; 3 – вода на выходе ТО-3 (СУТД);  $\diamond$  – эксперимент;  $\bullet$  – расчет

На рисунке 6 видно, что тепловая мощность КГУ при использовании ТО систем охлаждения и смазки в общем корпусе практически не изменилась. На рисунках 7...9 показаны другие показатели

макетного образца КГУ с ТО-1 в варианте исполнения 1.

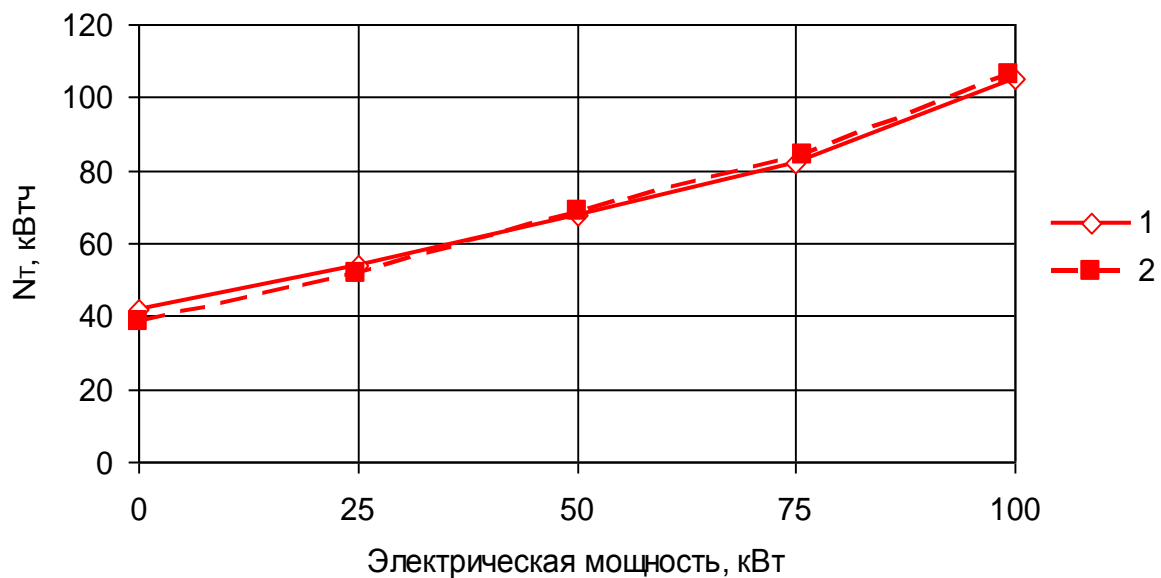


Рисунок 6. Суммарная тепловая мощность СУТД:  $\diamond$  – вариант 1;  $\blacksquare$  – вариант 2

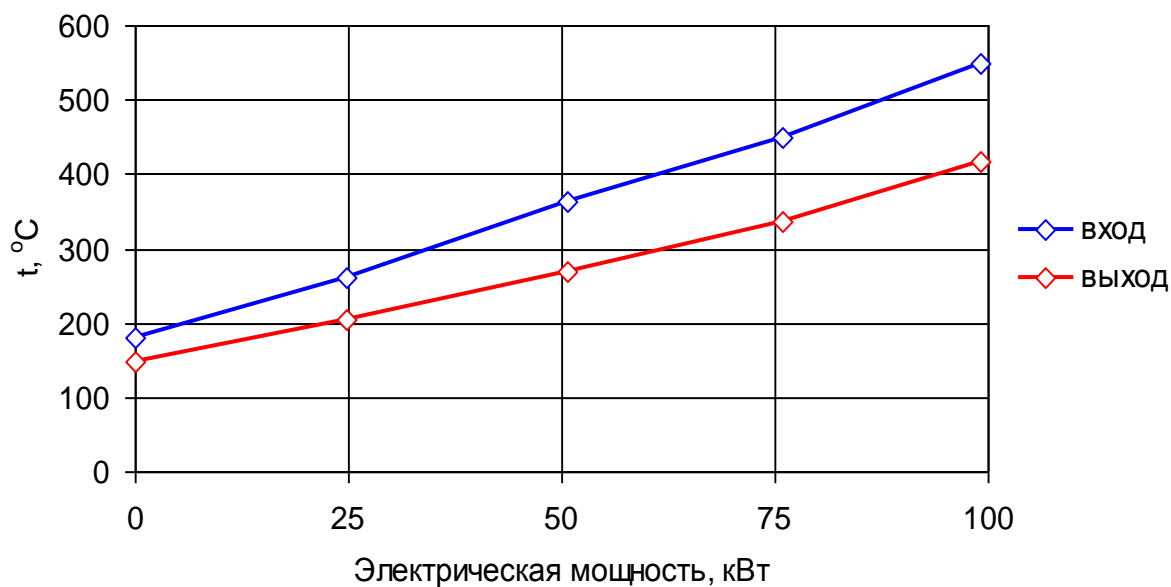


Рисунок 7. Температура ОГ ДВС на входе и выходе ТО-3



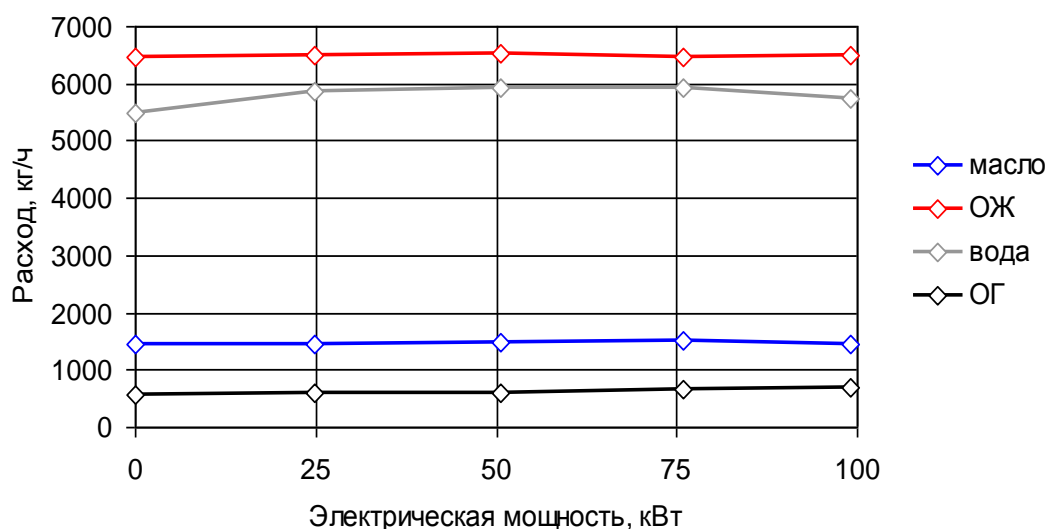


Рисунок 8. Расход теплоносителей КГУ

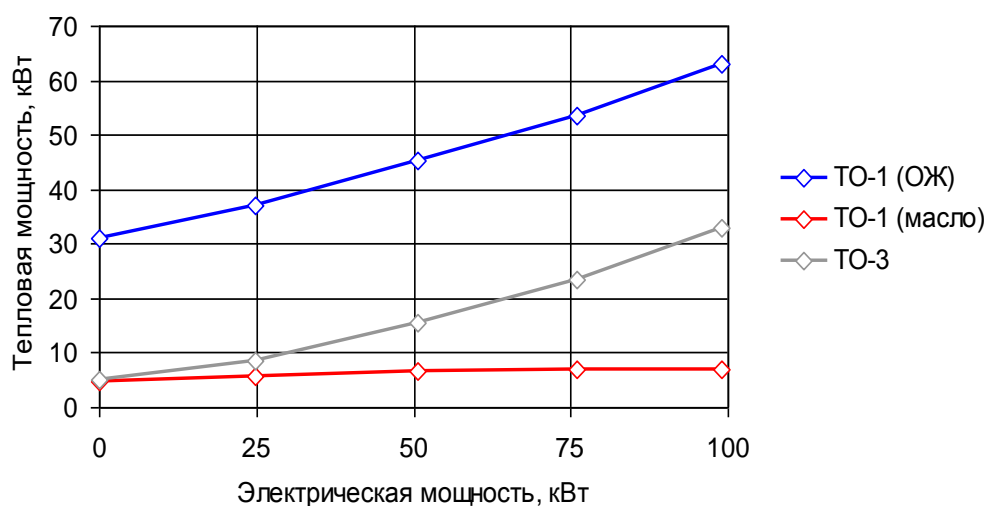


Рисунок 9. Тепловая мощность теплообменников СУТД

Таким образом, в ходе исследования:

- предложено техническое решение, заключающееся в том, что сердцевины, включенные в контуры систем смазки и охлаждения, находятся в общем корпусе, благодаря этому температура масла поддерживается близкой к температуре ОЖ и нет необходимости в устройствах для её дополнительного регулирования и дополнительном жидкостно-масляном ТО или охладителе масла;

- экспериментально, на макетном образце КГУ, подтверждена возможность реализации предложенного технического решения.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке новых и модернизации существующих когенерационных установок с поршневыми ДВС.

#### Список литературы:

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 2008. — 496 с.
2. Малозёмов А.А., Гимазетдинов Р.Р., Кукис В.С. и др. Когенерационная энергетическая установка. Патент на полезную модель 183358 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F02G 5/04. — № 2018112208; заявл. 04.04.2018; опубл. 19.09.2018. Бюл. № 26. — 4 с.
3. Малозёмов А.А., Кукис В.С., Гимазетдинов Р.Р. Разработка математической модели и программного обеспечения для имитационного моделирования поршневых ДВС. Двигателестроение, № 3, 2018. — С. 3 – 9.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: МЭИ, 1999. — 472 с.
5. Kolanowski B.F. Small-scale cogeneration handbook. New York: The Fairmont Press Inc., 2003. — 204 p.

УДК 658.5.012.14

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ АБС И АБС-ПК ПЛАСТИКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ И ИХ СРАВНЕНИЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УСЛОВИЙ ПЕЧАТИ.**

Занин М.А.

студент

кафедра «Гусеничная техника специального назначения и мобильные роботы»

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

**АННОТАЦИЯ:** Данная статья ставит перед собой задачу выработки методов оценки деформации пластика при использовании его в 3Д печати методом послойного наплавления, путём ввода индекса деформации. Актуальность данной проблемы обусловлена тем, что деформацию затруднительно измерить и практически невозможно избежать. Введение индекса деформации позволяет оценивать методы борьбы с деформацией, деформацию при печати разными видами пластика или пластиками разных производителей. Применение индекса деформации позволяет провести детальное сравнение АБС и АБС-ПК пластиков с точки зрения их деформации и влияния на них распространённых методов борьбы с деформацией при печати методом послойного наплавления.

**Ключевые слова:** моделирование методом наплавления ( fused deposition modeling, FDM), контроль качества (quality management), акрилонитрил бутадиен стирол (acrylonitrile butadiene styrene, ABS), поликарбонат акрилонитрил бутадиен стирол (polycarbonate acrylonitrile butadiene styrene ABS-PC), 3Д печать (3D-print)

Для проведения эксперимента необходимо разобраться в механике процесса. Пластик в процессе экструзии меняет своё агрегатное состояние и превращается в мягкую нить, из которой формируется печатаемое изделие. В следствии этого процесса и происходят деформации. К искажению формы детали приводит: неравномерность остывания слоёв пластика, погрешность при нанесении слоёв, скорость печати первого слоя, скорость печати, температура стола для печати, время печати первого слоя, состав полимера, качество полимера. Большинство из этих параметров можно регулировать и настраивать под каждую печатаемую деталь.

Рассмотрим такие методы как: печать с подогревом стола и печать группой

АБС-ПК представляет собой смесь ПК и АБС. Баланс свойств АБС-ПК определяется процентным соотношением ПК и АБС в смеси, молекулярным весом поликарбоната и комплексом присадок. Процентное соотношение поликарбоната и акрилонитрил-бутадиен-стирола влияет главным образом на термостойкость конечного продукта. Смеси АБС-ПК демонстрируют синергический эффект, результатом которого является превосходная ударопрочность при низких температурах, которая превышает аналогичный показатель для АБС или ПК.



*Рис.1.ПК и АБС в смеси.*

АБС пластик – ударопрочный материал, относящийся к инженерным пластикам. Обладает более высокой стойкостью к ударным нагрузкам по сравнению с полистиролом общего назначения, ударопрочным полистиролом и другими сополимерами

стирола. Превосходит их по механической прочности и жесткости. Износостоек. Выдерживает кратковременный нагрев до 90-100 °С. Максимальная температура длительной эксплуатации: 75-80 °С. Хорошо сваривается. Рекомендуется для точного литья. Имеет высокую размерную стабильность.

Для исследований мы использовали метод печати парусов –плоскость переменной ширины с маленькой площадью контакта со столом для печати и рёбрами жёсткость по бокам для опоры.

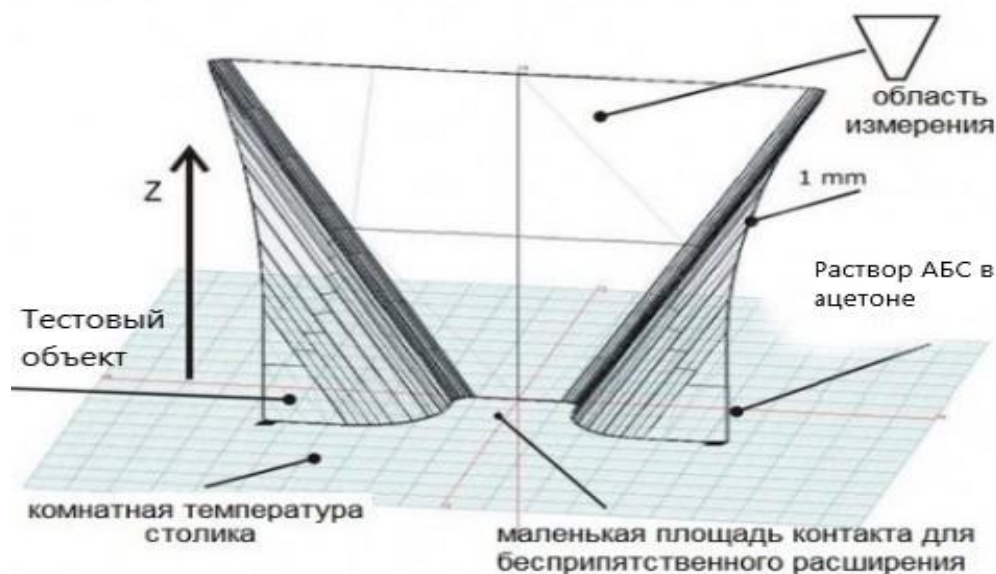


Рис. 2.Схема печати паруса.

Печать тестовой модели происходит при следующих параметрах: 100% заполнение детали пластиком, стенка толщиной в 1 мм, толщина печатаемого слоя, за один проход головки принтера, составляет 0,25 мм, тестовая модель не подвергается охлаждению по средствам кулеров и защищена от внешних факторов корпусом принтера, т.е. печать происходит при комнатной температуре  $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , диаметр отверстия сопла, через которое принтер подает расплавленный пластик на модель, составляет 0,4 мм, скорость перемещения сопла 30 мм/с, сканирование паруса происходит через 2 часа после печати, стол не подогревается, соответственно для улучшения адгезии пластика применяем раствор этого пластика в ацетоне С3Н6О, который наносят на стол для печати. Печать всех образцов осуществляем прутком пластика для 3д печати одинакового диаметра 1,75мм-филаментом.

Для наглядного определения деформаций введем индекс W. Высота тестовой модели составляет 50 мм. Будем определять индекс деформации по следующей формуле:

$$\text{Деформация (по Z)} = \frac{\text{изгиб слоя}}{\text{длина слоя}} \cdot 1000$$

Значения W будут варьироваться от 1 до 10, где 1- характеризует случай отсутствия деформации, а 10- характеризует случай очень больших деформаций.

Далее производим печать серии образцов, а именно: поочередная печать 10 образцов филаментом из акрилонитрила бутадиен стирола без подогрева стола для печати и с подогревом до  $115^{\circ}\text{C}$ , а также печать группы из 5 образцов одновременно и печать одиночных образцов филаментом из поликарбоната акрилонитрил бутадиен стирола.

Все напечатанные образцы сканируются на 3Д сканере с разрешением  $1920 \times 1080$  пикселей и погрешностью 1% от размера сканируемого объекта. Сканированные модели обрабатываются в пакете графического программного обеспечения. На основе полученных данных составляются таблицы значений и строятся графики:

Таблица 1. АБС без подогрева стола

Z,мм	Длина слоя,мм	Изгиб слоя,мм	Индекс деформации w	Среднее значение деформации
50	66,832	0,083	1,242	2,971
40	56,498	0,097	1,717	
30	46,637	0,101	2,167	
20	37,321	0,118	3,162	
10	27,251	0,179	6,569	

Таблица 2. ABS с подогревом стола до 115 °С

Z, мм	Длина слоя, мм	Изгиб слоя, мм	Индекс деформации w	Среднее значение деформации
50	66,002	0,06	0,909	2,439
40	55,983	0,081	1,447	
30	45,982	0,097	2,110	
20	36,102	0,102	2,825	
10	26,906	0,132	4,906	

Таблица 3. ABS печать группой

Z, мм	Длина слоя, мм	Изгиб слоя, мм	Индекс деформации w	Среднее значение деформации
50	67,003	0,099	1,478	3,598
40	56,897	0,119	2,091	
30	47,009	0,129	2,744	
20	38,009	0,167	4,394	
10	28,697	0,209	7,283	

Таблица 4. ABS -PC без подогрева стола

Z, мм	Длина слоя, мм	Изгиб слоя, мм	Индекс деформации w	Среднее значение деформации
50	66,006	0,05	0,758	2,327
40	56,103	0,076	1,355	
30	46,630	0,089	1,909	
20	37,087	0,106	2,858	
10	27,105	0,129	4,759	

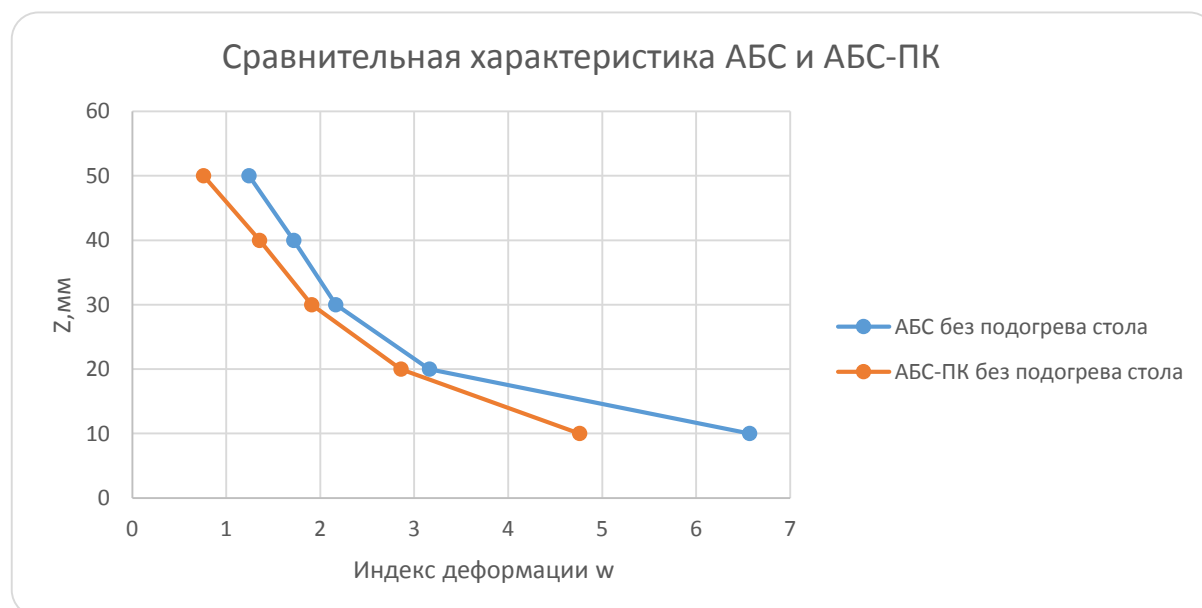


График 1.

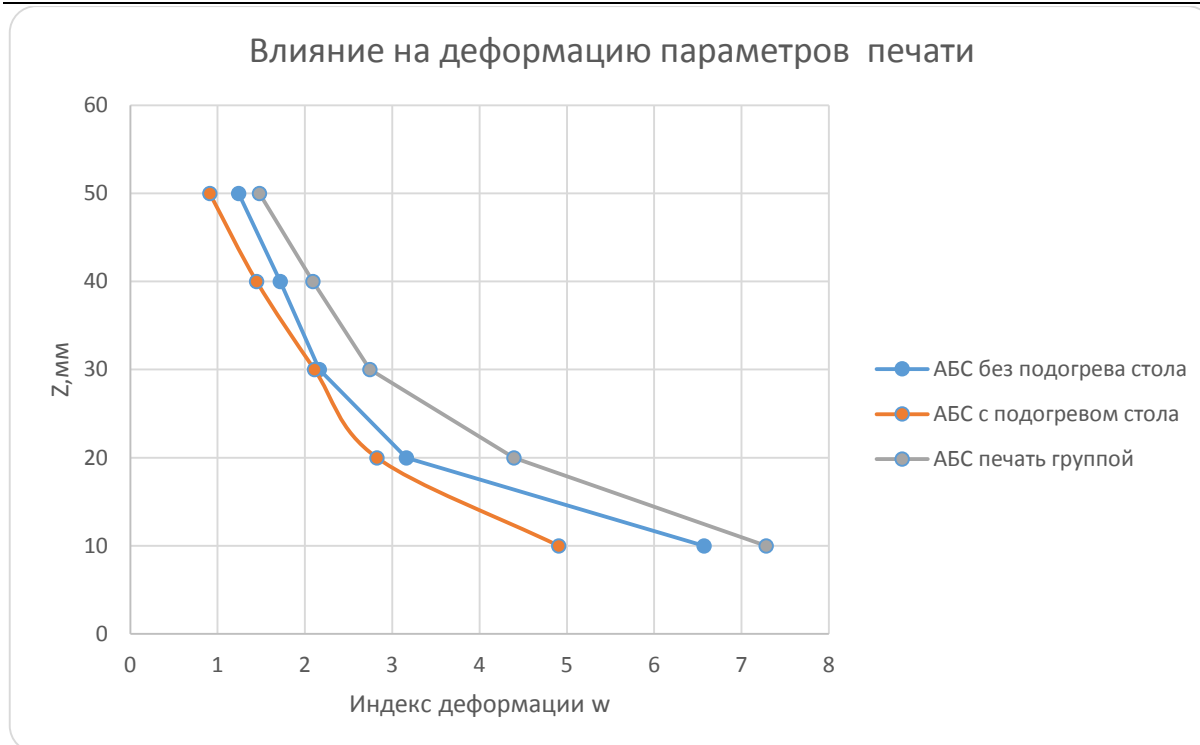


График 2.

На основе полученных данных можем сделать вывод, что:

АБС-ПК в меньшей степени подвержен деформациям на всех слоях при печати чем АБС, что наглядно проиллюстрировано на графике (1). Следовательно, АБС-ПК помимо того, что обладает лучшими механическими свойствами, подходит для более точной печати. Как видно из графика (2), подогрев стола оказывает положительное воздействие на деформирование образца, это происходит благодаря более равномерному остыванию пластика, за счёт более высокой температуры воздуха в камере печати, нагретого подогревом стола, а также из-за более высокой адгезии первого слоя печати и, соответственно, меньшей его деформации, что уменьшает суммарную деформацию слоев пластика. Печать группы из 5 образцов АБС пластиком увеличивает деформацию за счет ухудшения адгезии между слоями пластика. Это происходит по причине увеличения интервала времени между нанесением слоёв на каждый печатаемый образец.

Экспериментальные данные дают нам однозначный ответ на вопрос целесообразности применения рассмотренных модификаций печати, а также актуальность введения универсального индекса деформации, позволяющего однозначно определить эффективность того или иного метода уменьшения деформации или провести сравнение деформации при печати аналогичными пластиками разных производителей.

#### Список литературы.

1. Гибсон Я. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. Технологии аддитивного производства. Трёхмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. / С. Брент, Д. Розен, Я. Гибсон – Техносфера 2016. -656с.
2. Kai Parthy. Разработка индекса деформации для 3Д печати. 2015.[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.3ders.org> (Дата обращения 20.10.2018).

УДК 66.017:669.871

### **КЛАСТЕРНО-АССОЦИАТНАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ, ПЛОТНОСТИ И КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ГАЛЛИЯ**

*Кадисова А.Т.,  
магистрант кафедры НТМ  
Макашева А.М.  
д.т.н., профессор*

*Карагандинский государственный технический университет*

**АННОТАЦИЯ:** В статье описываются новые зависимости вязкости от температуры в полном диапазоне жидкого состояния для галлия основанные на концепции хаотизированных частиц. Данная область определяется авторами, исходя из целей работы:

- разработать кластерно-ассоциатные модели температурной зависимости динамической вязкости и плотности жидкого галлия;

- согласовать все три характеристики не только по связывающему их фундаментальному соотношению, но и по единой природе и форме согласуемых температурных зависимостей:

1. Проверка адекватности кластерно-ассоциатной модели динамической вязкости галлия;

2. Проверка полученной модели плотности жидкого галлия;

3. Согласование температурных зависимостей динамической, кинематической вязкости и плотности на основе концепции хаотизированных частиц.

**Ключевые слова:** концепция хаотизированных частиц, распределение Больцмана, ван-дер-ваальсовое притяжение, динамическая вязкость, плотность, кинематическая вязкость, реперные точки, диапазон жидкого состояния, степень ассоциации кластеров, кластерно-ассоциатная модель

### ВВЕДЕНИЕ

Авторами монографии [1] были разработаны новые зависимости вязкости от температуры в полном диапазоне жидкого состояния для галлия, основанные на концепции хаотизированных частиц. Согласно этой концепции, в соответствии с фунда-

ментальным распределением Больцмана, вязкое течение рассматривается как разрушение ассоциатов путем преодоления сил ван-дер-ваальсового притяжения между кластерами, что в принципе не противоречит существующим представлениям о вязком течении и подчиняется данной зависимости:

$$\eta = \eta_1 (T_1/T)^{a_2} (T_2/T)^b, \quad (1)$$

где  $\eta_1$  – реперная точка динамической вязкости при соответствующей температуре  $T_1$  (К);  $a$  – степень ассоциации кластеров,  $b$  – мера понижения степени ассоциации кластеров.

Для идентификации показателей  $a$  и  $b$  необходимо иметь вторую и третью реперные точки  $\eta_2$ ,  $T_2$ ,  $\eta_3$ ,  $T_3$

$$a = a_2 (T_2/T)^b, \quad (2)$$

$$a_2 = \frac{\ln(\eta_2/\eta_1)}{\ln(T_1/T_2)}, \quad (3)$$

$$a_3 = \frac{\ln(\eta_3/\eta_1)}{\ln(T_1/T_3)}, \quad (4)$$

$$b = \frac{\ln(a_3/a_2)}{\ln(T_2/T_3)}. \quad (5)$$

Реперные точки целесообразно выбирать соответственно в начале, середине и в конце экспериментального массива  $\eta_i$ ,  $T_i$ . В этом случае можно, не обрабатывая весь экспериментальный массив, ограничиться расчетом  $a_2$ ,  $a_3$  и  $b$  с дальнейшим введением необходимых величин в модель (1) и вычислением  $\eta$  для сопоставления со всеми экспериментальными значениями по коэффициенту корреляции.

В качестве примера адекватного отображения динамической вязкости кластерно-ассоциатной модели проведём анализ данных по галлию, которое достаточно широко применяется в сверхвысокочастотной электронике, полупроводниковых лазерах, а так же, лангасит (LGS, силикат лантана-галлия) используется как пьезоматериал и так далее.

$$\eta = 1,89(326/T)^{1,05028} (675/T)^{0,339546}, \text{ мПа}\cdot\text{с}. \quad (6)$$

Точки плавления почти совпадающие в [3], [4] и [6]: 302,9 К, 302,91 и 302,921 К, а кипения – отличающиеся: 2503 (2343), 2478 и 2477 К. Наша оценка  $T_{cr} \approx 3971$  К.

### Проверка адекватности кластерно-ассоциатной модели динамической вязкости галлия

В справочнике [2] приведены данные, имеющиеся для достаточно полного диапазона жидкого состояния, простирающегося далеко за точку кипения при атмосферном давлении, почти до критической точки.

Сведения по вязкости галлия оказались совпадающими в [3] и [4], поскольку заимствованы из одних и тех же справочников [5, 6]. По ним выбраны реперные точки:  $T_1 = 326$  К,  $\eta_1 = 1,89$  мПа·с;  $T_2 = 675$  К,  $\eta_2 = 0,88$  мПа·с;  $T_3 = 1079$  К,  $\eta_3 = 0,647$  мПа·с и получена расчетная зависимость

Сопоставление справочных и расчетных данных приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Динамическая вязкость жидкого галлия по [2, 3] и по (6)

$T, K$	$\eta [72, 73], \text{мПа}\cdot\text{с}$	$\eta (4.35), \text{мПа}\cdot\text{с}$	$a$	$T, K$	$\eta [72, 73], \text{мПа}\cdot\text{с}$	$\eta (4.35), \text{мПа}\cdot\text{с}$	$a$
$T_m = 302,921$	–	2,091	1,379	773	0,814	0,795	1,003
326	1,89	1,890	1,345	1079	0,647	0,647	0,896
574	1,03	1,009	1,110	$T_b = 2477$	–	0,480	0,675
675	0,88	0,880	1,050	$T_{cr} \approx 3971$	–	0,448	0,575

Коэффициент корреляции составил  $R = 0,99943$  при  $t_R = 1528 \gg 2$ , что свидетельствует о высокой адекватности зависимости (6), имеющий минимум при  $T_{\eta, \min} = 6198 K > T_{cr} = 3971$ .

**Проверка полученной модели плотности галлия**

$$\rho = 6094,7(302,8/T)^{0,0532518}(675/T)^{-0,474378}, \text{ кг/м}^3, \quad (7)$$

с  $T_{\rho, \max} = 37 K < T_m = 302,921 K$ .

По жидкому галлию в справочнике [4] приведена сводка значений  $\rho$ , из которой выбрали реперные точки  $T_1 = 302,8 K, \rho_1 = 6094,7 \text{ кг/м}^3; T_2 = 675 K, \rho_2 = 5840 \text{ кг/м}^3; T_3 = 1073 K, \rho_3 = 5604 \text{ кг/м}^3$  и получили расчетную формулу

Сопоставление обсуждаемых данных содержится в таблице 2.

Таблица 2 – Плотность жидкого галлия по [4] и (7)

$T, K$	$\rho [37], \text{кг/м}^3$	$\rho(5.37), \text{кг/м}^3$	$a$	$T, K$	$\rho [37], \text{кг/м}^3$	$\rho(5.37), \text{кг/м}^3$	$a$
302,8	6094,7	6094,7	0,036	873	5720	5719	0,060
$T_m = 302,921$	–	6094,6	0,036	1073	5604	5604	0,066
325,9	6080	6078	0,038	1383	5445	5440	0,075
422	6005	6009	0,043	$T_b = 2477$	–	4963	0,099
675	5840	5840	0,053	$T_{cr} \approx 3971$	–	4436	0,123

**Согласование температурных зависимостей динамической, кинематической вязкости и плотности на основе концепции хаотизированных частиц**

Фундаментальная связь динамической ( $\eta$ , Па·с), кинематической ( $\nu$ , м<sup>2</sup>/с) вязкости и плотности жидкости ( $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>) при любой температуре определяется соотношением

$$\eta = \rho\nu. \quad (8)$$

Что касается конкретного выражения температурной зависимости для каждой переменной, то

они остаются разобобщенными по физическим моделям и достаточно строго выражаются только аппроксимирующими уравнениями несопоставимой точности и возможности экстраполяции в область высоких температур [3].

И здесь коэффициент корреляции близок единице:  $R = 0,99992$  при  $t_R = 13882 \gg 2$ .

**Расчет и проверка кинематической вязкости галлия через кластерно-ассоциатные модели динамической вязкости и плотности**

Кинематическая вязкость галлия по моделям  $\eta$  (6) и  $\rho$  (7) получается в виде

$$\nu = 10^{-3} \frac{1,89(326/T)^{1,05028}(675/T)^{0,339546}}{6094,7(302,8/T)^{0,0532518}(675/T)^{-0,474378}}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (8)$$

В монографии [4] имеется две сводки по  $\eta$  и  $\rho$ , но к одним и тем же температурам относятся всего

две точки. Сопоставление этих данных с результатами расчета по (8) представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Кинематическая вязкость жидкого галлия по (8) и  $\eta/\rho$  [4]

$T, K$	$\nu(5.87), 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$	$\eta/\rho [37], 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$	$T, K$	$\nu(5.87), 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$	$T, K$	$\nu(5.87), 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$
$T_m = 302,921$	3,43	–	1000	1,20	2500	0,969742
326	3,11	3,11	1300	1,08	2600	0,969717
400	2,43	–	1600	1,02	2700	0,9703?
500	1,93	–	1900	0,99		
600	1,65	–	2200	0,9744		
675	1,51	1,51	$T_b = 2477$	0,9698		

Несмотря на совпадение сравниваемых результатов экстраполяция возможна не доходя до критической температуры  $T_{cr} = 3971$  К с ограничением  $T = 2500$  К, что обусловлено отсутствием независимых экспериментальных данных по  $\nu$ ,  $\eta$  и  $\rho$  и их согласования на стадии первичной обработки результатов.

### Выводы

Разработанные кластерно-ассоциатные модели температурной зависимости динамической вязкости и плотности использованы для построения на их основе соответствующей модели кинематической вязкости галлия, которая адекватно описывает экспериментальные данные. А также приведено согласование всех трех характеристик не только по связывающему их фундаментальному соотношению, но и по единой природе и форме согласуемых температурных зависимостей.

На примере простых веществ для третьей группы Периодической системы установлена высокая адекватность предложенной кластерно-ассоциатной модели динамической вязкости имеющимся справочным данным.

Во всех случаях одна из важнейших характеристик кластерно-ассоциатной модели – степень ассоциации кластеров – обнаруживает закономерное замедляющееся понижение по мере повышения температуры, соответствующее динамике разрушения ассоциатов.

Предлагаемая кластерно-ассоциатная модель плотности жидкости позволила обобщить разрозненные экспериментальные данные и аппроксимирующие зависимости с выявлением ошибочных результатов для ряда веществ и показала свою пригодность для целостного описания температурной зависимости плотности в полном диапазоне жидкого состояния, как это реализовано для элемента галлия.

### Список литературы

1. Малышев В.П., Бектурганов Н.С., Турдукожаева (Макашева) А.М. Вязкость, текучесть и плотность веществ как мера их хаотизации. – М.: Научный мир, 2012. – 288 с.
2. Волков А.И., Жарский И.М. Большой химический справочник. – М.: Современная школа, 2005. – 608 с.
3. Шпильрайн Э.Э., Фомин В.А., Сквородько С.Н., Сокол Г.Ф. Исследование вязкости жидких металлов. – М.: Наука, 1983. – 243 с.
4. Свойства элементов: Справ. изд. – В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. Дрица М.Е. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Руда и Металлы, 2003. – 448 с. Вертман
5. Теплофизические свойства элементов: Справочник / Под ред. Н.П. Варгафтика. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 368 с.
6. Свойства элементов. Ч. 1. Физические свойства // Под ред. Самсонова Г. В. – М.: Металлургия, 1976. – 600 с.

УДК 658.511.3

## ВЫЯВЛЕНИЕ НЕОЧЕВИДНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПО СРЕДСТВАМ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ.

*Копнова Оксана Леонидовна*

*Магистр техники и технологий,*

*научный сотрудник центра анализа и обработки данных.*

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби,*

*Казахстан, г. Алматы*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.24-31](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.24-31)

## IDENTIFICATION OF UNIFIED PATTERNS BY MEANS OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM FOR ADOPTING ADMINISTRATIVE DECISIONS.

*Kopnova Oksana Leonidovna*

*Master of Engineering and Technology,*

*Kazakh National University. Al-Farabi,*

*a researcher at the data analysis and processing center.*

*Kazakhstan, Almaty*

**АННОТАЦИЯ.** В данной статье приводится пример интеллектуального анализа данных в информационно-аналитической системе с использованием пакета бизнес-аналитики Power BI. Построена модель рассуждений для анализа данных. Принятие решений представлено в виде функций, составленных из продукционных правил. В качестве основы рассуждений для выявления скрытых зависимостей взят отчет о штатной структуре сотрудников. Выявлены неочевидные проблемы и рекомендованы пути их решения.

**ANNOTATION.** This article provides an example of data mining in an information analysis system using the Power BI business intelligence package. A reasoning model for data analysis has been constructed. Decision making is presented in the form of functions composed of production rules. As a basis for reasoning to identify hidden dependencies, a report on the staffing structure of employees was taken. Identified non-obvious problems and recommended ways to solve them.

**Ключевые слова.** Информационно-аналитическая система, продукционные правила, выявление скрытых зависимостей, Power BI.

**Keywords.** Information and analytical system, production rules, the identification of hidden dependencies, Power BI.



## 1. Введение и новизна

Данная статья может быть интересна как руководителям учреждений образования, так и сотрудникам служб, занимающихся подготовкой аналитических отчетов. Очень часто мы сталкиваемся с проблемами с первого взгляда неочевидными, для выявления, которых необходимо провести более глубокий анализ, вводя дополнительные параметры. В данной статье для анализа введены два дополнительных параметра – возраст и размер занимаемой ставки. В качестве инструментария представления отчетов в КазНУ им. аль-Фараби выбран набор средств бизнес-аналитики PowerBI.

Цель данной статьи – демонстрация методики анализа данных для выявления скрытых зависимостей и определение путей их решения на примере отчетов о штатной структуре и контингента докторантов вуза с применением средств бизнес-аналитики PowerBI.

Интерпретация результатов анализа позволит руководителю организации или подразделения контролировать и принимать прогностические решения, касающиеся как внутренней, так и внешней ситуации. Поскольку управление вузом, повышение качества научно-образовательного процесса – комплексная задача, требующая для принятия решений систематического и своевременного анализа всесторонней и достоверной информации о состоянии и проблемах деятельности вуза, что возможно

только в результате внедрения современных информационных технологий в процесс управления вузом и постоянного их совершенствования.

В данной статье подробно рассмотрим один из отчетов и приведем пример анализа данных, а также приведем примеры принятия решений руководителем организации в долгосрочной перспективе. Приведем анализ результатов внедрения данной информационно-аналитической системы и подведем общие итоги работы данной системы.

## 2. Методика исследований

Выделим основные показатели, влияющие на качество работы инфраструктуры вуза. Рассмотрим на примере кадрового потенциала какие показатели могут быть актуальны для анализа (рис 1). Пусть дан некоторый контекст

$$K = \{S, P, R\},$$

где  $S$  – статусы, параметры объекта исследования;  $P$  – признаки, которые проявляет объект исследования в данном контексте;  $R$  – решения, которые следует принимать в случае если объект обладающий определенными параметрами проявляет те или иные признаки, т.е.  $R \subseteq S \times R$ .

Статусы представляют собой множество  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ , где  $m$  – количество параметров, характеризующих объект.

Признаки будем описывать следующей последовательностью  $P = \{P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1n_1}; P_{21}, P_{22}, \dots, P_{2n_2}; \dots, P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{mn_m}\}$ , где  $n = \{n_1, n_2, \dots, n_m\}$  количество признаков для каждого из параметров

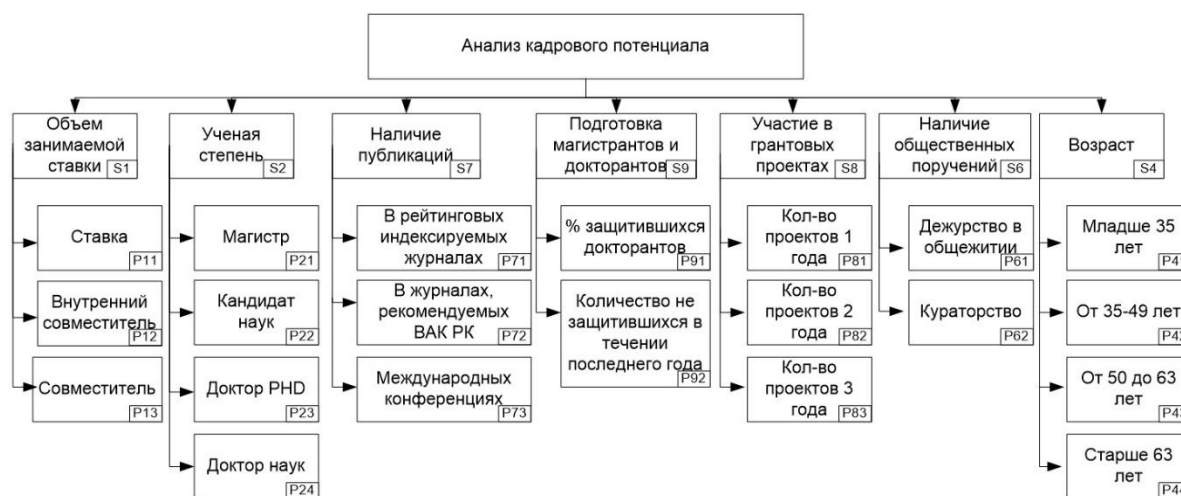


Рисунок 1. Показатели для анализа кадрового потенциала кафедры

Общий анализ кадрового состава кафедры, факультета и университета может состоять из следующих параметров и признаков:

Объем занимаемой ставки ( $S_1$ ) (с соответствующими признаками: ставка ( $P_{11}$ ), когда штатный сотрудник выполняет определенный объем часов, соответствующий ставке; совместитель ( $P_{12}$ ), сотрудник, не являющийся штатным в данном вузе, но выполняющий определенную нагрузку; внутренний совместитель ( $P_{13}$ ), когда штатный сотрудник помимо основной ставки ведет определенное число часов.)

Ученая степень ( $S_2$ ) (признаками для которой будет: магистр, сотрудник, который не имеет ученой степени ( $P_{21}$ ); кандидат наук ( $P_{22}$ ); доктор PhD ( $P_{23}$ ); доктор наук ( $P_{24}$ ).

Введем дополнительный параметр – размер совмещения ( $S_3$ ). Этот параметр позволит, имея значение количества проводимых сотрудником часов судить об объеме его занятости. Признаки для параметра  $S_3$ :

$P_{31}$  – ставка;  $P_{32}$  – ставка менее 0,25;  $P_{33}$  – ставка от 0,25 до 0,5;  $P_{34}$  – ставка от 0,5 до 0,75;  $P_{35}$  – ставка от 0,75 до 1.

Следующим опишем параметр возраст сотрудника ( $S_4$ ) с соответствующими признаками ( $P_{41}$  – возраст младше 35 лет;  $P_{42}$  – возраст от 35 до 49 лет;  $P_{43}$  – возраст от 50 до 63;  $P_{44}$  – возраст старше 63 лет)

Введем так же дополнительный параметр  $S_5$  – количество (в %) сотрудников, обладающих теми или иными характеристиками. Поскольку мы выделили 4 основных возрастных деления, а также 4 деления по степени, то достаточно будет одного признака, характеризующего количественные показатели (в %) для  $S_5$ :  $P_{51}$  – количество сотрудников составляет менее 25%;  $P_{52}$  – количество сотрудников больше 25%, но меньшее 50%;  $P_{53}$  – количество сотрудников больше 50%, но меньшее 75%;  $P_{54}$  – количество сотрудников больше 75%.

Такое процентное соотношение не случайное, во-первых требования по уровню остротности специальности характерные для государственных и национальных вузов [17], а так же это известное отношение Interquartile Range (IQR) принятое для изучения показателей изменчивости и одновременно устраняя погрешности вычисления.

Наличие общественных поручений ( $S_6$ ), параметр, который может показать объем общественной нагрузки, которую выполняет сотрудник кафедры (признаками такого показателя будут  $P_{61}$  – количество сотрудников, выполняющих менее 5% от общего числа общественной работы;  $P_{62}$  – количество сотрудников, выполняющих более 5%, но менее 10%; ... и т.д.)

Процент проводимых лекций относительно остальной нагрузки сотрудника ( $S_6$ ), позволит получить характеристику об объеме подготовки теоретического материала. Признаками, характеризующими  $P_{61}$  – менее 30%;  $P_{62}$  – от 30 до 50%;  $P_{63}$  – от 50 до 80%;  $P_{64}$  – более 80%.

Наличие публикаций ( $S_7$ ) – еще один показатель, который используют при анализе деятельности сотрудников. Признаками, описывающими данный показатель будут  $P_{71}$  – количество статей в рейтинговых индексируемых в базах данных и имеющие не нулевой импакт фактор;  $P_{72}$  – количество статей в научных журналах, рекомендуемых ВАК РК;  $P_{73}$  – количество статей, опубликованных в международных конференциях.

Участие в грантовых проектах ( $S_8$ ) и количественные показатели подготовки магистрантов и докторантов ( $S_9$ ) учитываются при общем анализе, но в данной статье рассматриваться не будут.

Решения в данной интеллектуальной задаче могут быть следующие:

$R_1$  – рекомендовать поступление в докторантуру (в данном случае мы имеем дело с молодым сотрудником кафедры, который планирует связать свою жизнь с развитием науки, преподаванием и как следствие рекомендацией такому молодому сотруднику от заведующего кафедрой может быть поступление в докторантуру и дальнейший рост в научной сфере);

$R_2$  – такая ситуация говорит об обратном положении вещей, относительно  $R_1$  и может говорить о старении педагогического состава. В таком случае рекомендацией заведующего кафедрой сотрудника с такими параметрами будет пожелание готовить приемников из числа своих выпускников по дисциплинам, которые ведет сотрудник);

$R_3$  – рекомендовать заведующему кафедрой обратить внимание на сотрудника с такими признаками, поскольку скорее всего он ведет либо не большой предмет либо только читает лекции не имея обратной связи со студентами;

$R_4$  – стоит провести мониторинг качества читаемых дисциплин;

$R_5$  – рекомендовать перейти в штат данному сотруднику;

$R_6$  – стоит обратить внимание на старение педагогического состава;

$R_7$  – Стоит провести мониторинг качества подготовки студентов по специальностям кафедры;

$R_8$  – необходимо ходатайствовать о выделении дополнительных мест в докторантуре перед министерством образования и науки.

$R_9$  – необходимо обратить внимание, что общественная нагрузка кафедры распределена неравномерно

С помощью продукционных правил представим алгоритмы каждого из решений:

1. **if**  $P_{11}$  **and**  $P_{21}$  **then**  $R_1$ ;
2. **if** [ $P_{44}$  **and** ( $P_{13}$  **or**  $P_{11}$ )] **then**  $R_2$ ;
3. **if**  $P_{12}$  **and**  $P_{32}$  **then**  $R_3$ ;
4. **if** [ $P_{12}$  **and** NOT ( $P_{21}$ ) **and**  $P_{32}$ ] **or** [ $P_{13}$  **and** ( $P_{34}$  **or**  $P_{35}$ )] **then**  $R_4$ ;
5. **if** [ $P_{12}$  **and** NOT ( $P_{21}$ ) **and** ( $P_{33}$  **or**  $P_{34}$  **or**  $P_{35}$ )] **then**  $R_5$ ;
6. **if**  $P_{11}$  **and**  $P_{41}$  **and**  $P_{51}$  **then**  $R_6$ ;
7. **if** [ $P_{12}$  **and** NOT ( $P_{21}$ ) **and** NOT ( $P_{51}$ )] **or** [**and** ( $P_{34}$  **or**  $P_{35}$ ) **and**  $P_{42}$  **and** NOT ( $P_{51}$ )] **then**  $R_7$ ;
8. **if**  $R_8 = P_{11}$  **and** [ $P_{22}$  **and**  $P_{43}$  **and** ( $P_{53}$  **or**  $P_{54}$ )] **and** [ $P_{21}$  **and** ( $P_{41}$  **or**  $P_{42}$ )] **and** [ $P_{21}$  **and** ( $P_{41}$  **or**  $P_{42}$ ) **and** ( $P_{52}$  **or**  $P_{53}$ )] **then**  $R_8$ .
9. **if**  $P_{61}$  **and** ( $P_{53}$  **or**  $P_{52}$ ) **and**  $R_2$  **then**  $R_9$ ;

### 3. Обобщение полученных результатов и их разъяснение

В качестве примера построения анализа данных с использованием информационно-аналитической системы рассмотрим ряд отчетов.

В качестве стартового для рассуждения возьмем отчет: «Штатная структура сотрудников по занятости», общий вид отчета представлен на рисунке 2. Нас будут интересовать качественные и количественные данные профессорско-преподавательского состава. Для анализа возьмем два факультета – Физико-технический (физтех) и Филологии и мировых языков (филфак)

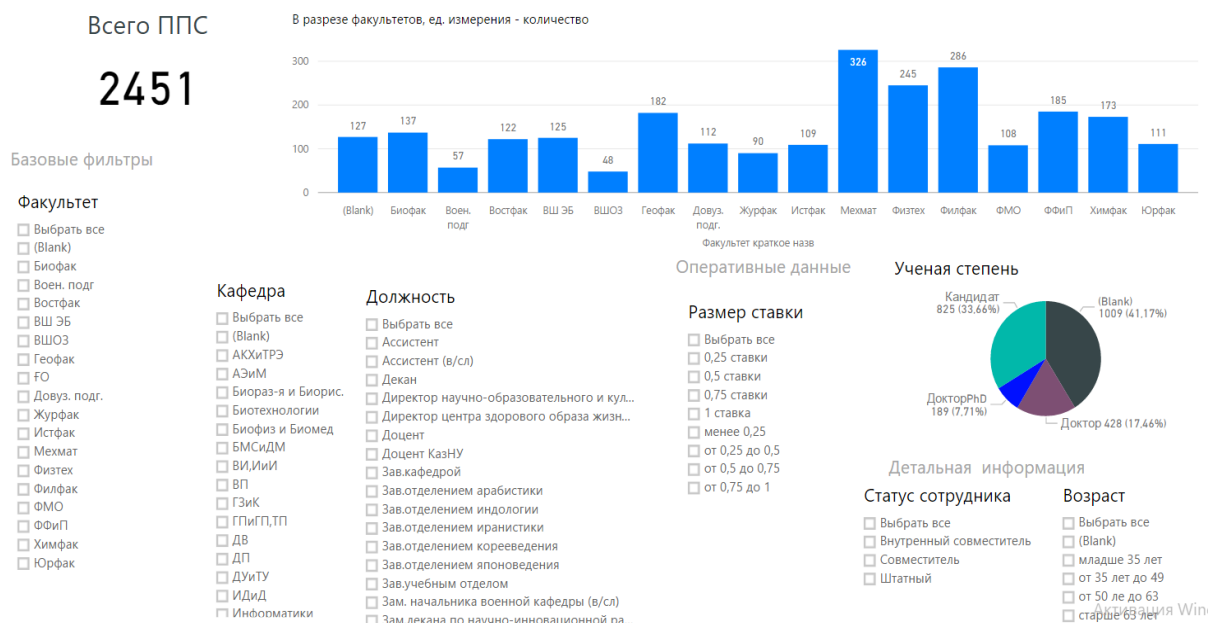


Рисунок 2. Визуальное представление отчета

Эти факультеты выбраны не случайно. Во-первых, они принадлежат к различным направлениям науки: гуманитарному и техническому. Во-вторых, изучая характеристики штатного состава преподавателей факультетов можно выявить не очевидные закономерности, которые прослеживаются в науке в целом и в вузе – в частности.

Рассмотрим эти факультеты в классификации введённых параметров:

Факультет физтех: для параметра  $S_2 - P_{21} = 44,08\%$ ;  $P_{22} = 28,16\%$ ;  $P_{23} = 13,06\%$ ;  $P_{24} = 14,69\%$ ; факультет филфак: для параметра  $S_2 - P_{21} = 50,35\%$ ;  $P_{22} = 31,85\%$ ;  $P_{23} = 2,1\%$ ;  $P_{24} = 15,73\%$ . Визуально данные факультеты равнозначны если учитывать, что оступененность складывается из показателей  $P_{22} + P_{23} + P_{24}$

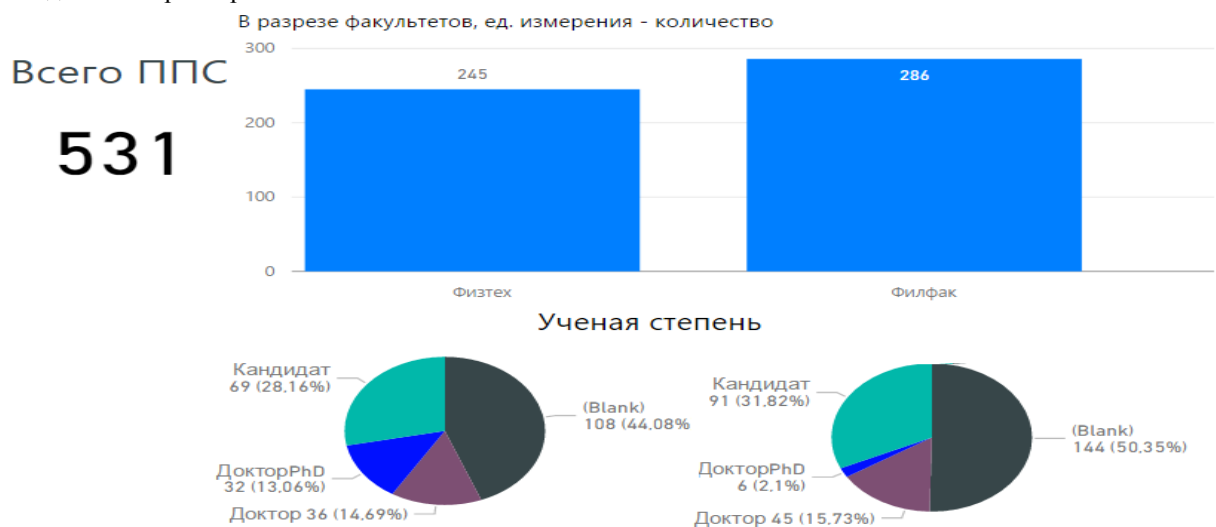


Рисунок 3.

Качественное и количественное представление состава ППС (слева – физтех, справа – филфак)

На рисунке 4 приведена статистика по сотрудникам пенсионного возраста в разрезе научных степеней. Следует отметить, что подавляющее большинство этих сотрудников являются докторами и кандидатами наук, которые получили степени до разделения СССР. Так же на рисунке 4 можно заме-

тить, что большее количество работающих пенсионеров на факультетах, которые дают фундаментальные знания. Это может указывать на проблемы, связанные со старением кадрового состава, а также слабую заинтересованность молодых ученых по данным направлениям научной мысли.



Рисунок 4. Количество ППС пенсионного возраста, работающих на полную ставку и более.

Возвращаясь к рассуждениям по двум выбранным факультетам, то получаем следующую картину: на физтехе общее количество сотрудников пенсионного возраста составляет 39 человек, что составляет 15,95% от общего числа сотрудников факультета. Из них 17 (43,59%) кандидатов наук, 18 (44,15%) докторов наук и 4(10,26%) без ученой степени. Для дальнейшего более полного анализа необходимо еще исследовать вопрос подготовки докторов PhD на данных факультетах (рисунок 5), поскольку именно они в ближайшее время могут восполнить нарастающий дефицит в области научных кадров. Итак, в ближайшие 3 года, в случае успешной защиты физико-технический факультет

может рассчитывать на частичное облегчение проблем, связанных со старением кадрового состава.

Воспользуемся параметром  $S_4$  (возраст сотрудника)  $S_1$  (объем занимаемой ставки) и  $S_3$  (размер совмещения).  $P_{13} = 1; P_{11} = 1; P_{44} = 1$ . Такая ситуация попадает под возможное решение  $R_2$  и сотрудникам с такими параметрами следует рекомендовать готовить приемников по дисциплинам, читаемым на факультете.

К сожалению, такой тенденции не наблюдается на факультете Филологии и мировых языков, поскольку как мы видим на рисунке 4 количество сотрудников пенсионного возраста 40 человек, а студентов 1-3 курсов докторантуры всего 16 человек (рисунок 5)



Рисунок 5. Количество докторантов, в разрезе факультетов

Теперь рассмотрим возрастную группу пред пенсионного возраста с 50 по 63 лет. На рисунке 6

представлена общая статистика ППС пред пенсионного возраста на физтехе - 33 и филфаке – 85сотрудников.



Рисунок 6. Общая характеристика ППС факультетов пред пенсионного возраста

Подробный анализ качественного состава ППС факультетов показывает, что на физтехе докторов наук – 9, докторов PhD – 1, кандидатов наук – 17, преподавателей, не имеющих ученой степени – 6. В свою очередь на филфаке докторов наук - 13, кандидатов наук – 34, остальных - 38. Такая ситуация показывает, что ближайшие 5-10 лет преподавательский состав филфака ( $P_{43}$ ) может выйти на пенсию, то есть для преподавателей филологического факультета  $P_{52} = 1$  и это подходит для решения  $R_2$ . Надо отметить, что в данном случае необходимо провести еще дополнительное исследование популярности преподавательской специальности среди молодых специалистов специальностей данного факультета для выяснения причин старения

ППС. А как же провести работу по подготовке молодых специалистов, возможно прохождения курсов повышения квалификации, чтобы исключить вероятность отсутствия специалистов для проведения специфических дисциплин, которые сейчас проводятся сотрудниками пред пенсионного возраста.

Анализируя далее кадровый состав молодых преподавателей, рисунок 7 получаем, что для того, чтобы через 5-10 лет восполнить потребность в кадровом составе филологического факультета необходимо переподготовить, а лучше обучить в докторантуре всех молодых штатных сотрудников кафедры, общее количество которых более 100 человек (сотрудники пенсионного возраста + сотрудники пред пенсионного возраста – количество докторантов по факультету).



Рисунок 7. Кадровая обеспеченность не остепенённых штатных молодых преподавателей факультетов

Дальнейший анализ по параметру  $S_3$  состояния кадрового потенциала по факультетам показал, что в целом по университету 52 человека с признаками, на которые следует обратить внимание. Дело в том,

что это люди, являющиеся совместителями ( $P_{12}$ ) менее чем на 0,25 ставки ( $P_{32}$ ). Такое положение дел возможно в нескольких случаях, либо преподаватели находятся в декретном отпуске и поэтому ве-

сти большое количество часов не могут, либо преподаватели не являются штатными в данном вузе и приходят читать лекции студентам, причем без проведения практических и семинарских занятий (приблизительно одна дисциплина, имеющая 3 и более

кредитов, составляет более 0,25 ставки). В любом случае это может существенно повлиять на качество преподавания дисциплин.

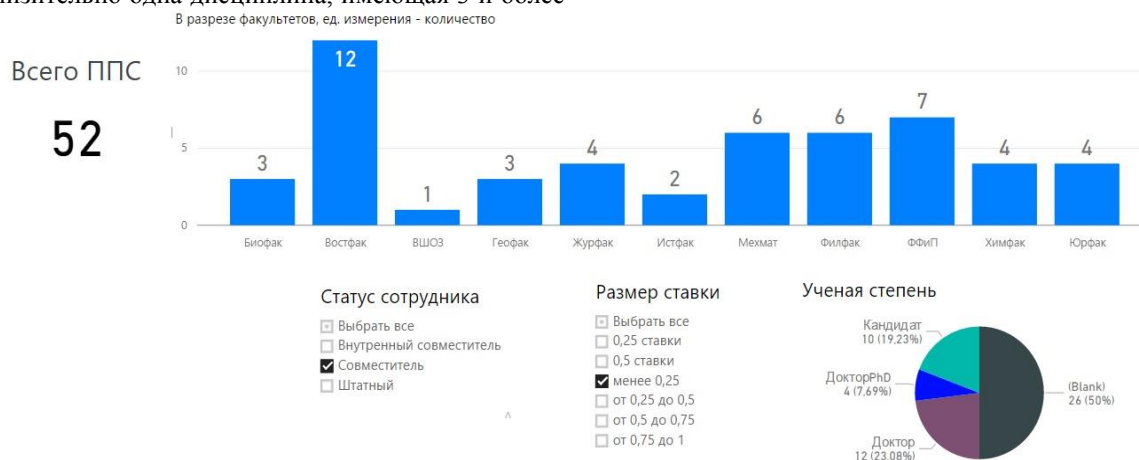


Рисунок 8. Наличие ППС факультетов, имеющих менее 0,25 ставки педагогической нагрузки.

Однако не стоит забывать, что подавляющее большинство сотрудников старше пенсионного возраста (рис 4) работают на факультетах естественно-научного цикла. И учитывая естественную

потребность человека быть нужным многие из пенсионеров работают на факультетах читают лекции по 1-2 предметам, подготавливая себе приемников. Такое заключение можно сделать исходя из данных рисунка 9.

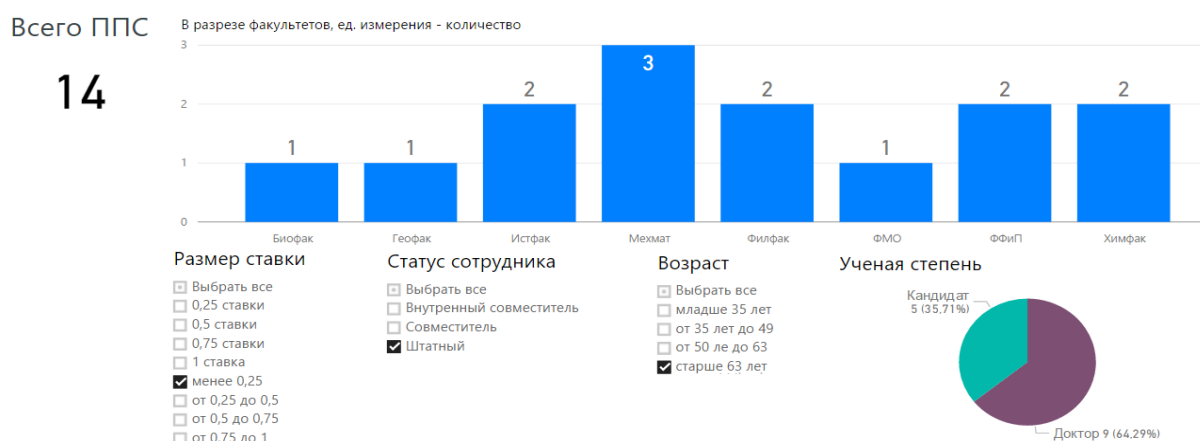


Рисунок 9. Наличие ППС пенсионного возраста, имеющих менее 0,25 ставки педагогической нагрузки (в разрезе факультетов).

Несомненно, скептик, читающий данную статью может возразить, что привлечение в качестве сотрудников факультетов пенсионеров, имеющих научные степени — это достаточно простой способ повышения острепенности факультета. Однако хочу заметить, что данные профессора и доценты за сравнительно не большую доплату к пенсии передают бесценный опыт и знания молодому поколению и, поскольку они не обременены дополнительной общественной нагрузкой, делают на свойственной этому поколению высоком уровне.

#### 4. Выводы и заключения

В данной статье представлена одна из возможностей проведения глубокого анализа данных на основе информационно-аналитической системы. Данная система построена на основе данных, хра-

нящихся в различных базах корпоративной информационной системы вуза. В качестве инструмента реализации использовался набор средств бизнес-аналитики PowerBI.

С точки зрения описания функциональности и задач, решаемых информационно-аналитической системой так же отметим, что основное назначение информационно-аналитической системы обеспечить многомерный анализ данных, тенденций и прогнозирование результатов различных управленческих решений на всех ступенях управленческой вертикали, включающей корпоративную отчетность, финансово-экономическое планирование и стратегическое планирование.

Сама же система данных в виде аналитических показателей может существовать в различных формах отчетности основная задача информационно-

аналитической системы объединить разрозненные показатели для построения стратегических карт. Такие стратегические карты демонстрируют различные направления деятельности организации с одной стороны, с другой стороны показывают реальное положение вещей в рамках одной информационной панели. Это существенно облегчит работу лицу, принимающему решения, поскольку данные представляются в удобной визуальной форме и не предполагает формирование отчетов соответствующими подразделениями организации.

#### Список литературы

1. Алексеева Т.В., Америци Ю.В., Лужецкий М.Г., Информационно-аналитические системы // Московская финансово-промышленная академия, М., [Электрон. ресурс]. - 2005 URL: [http://www.e-biblio.ru/book/bib/01\\_informatika/IAS/Book.html](http://www.e-biblio.ru/book/bib/01_informatika/IAS/Book.html).
2. К. И., Требования для программного обеспечения: рекомендации по сбору и документированию, М.: Издательство «Книга по Требованию», 2013
3. Hull E., Jackson K., Dick J., Requirements Engineering // Springer-Verlag London Limited, 2011
4. Leffingwell D., Agile Software Requirements: Lean Requirements Practices for Teams //Programs,

and the Enterprise (Agile Software Development Series) Scaling Software Agility Best Practices for Large Enterprises, Wesley, p. 418.

5. Химонин. Ю., «Сбор и анализ требований к программному продукту (Версия 1.03),» URL: [https://pmi.ru/profes/Software\\_Requirements\\_Khimonin.pdf](https://pmi.ru/profes/Software_Requirements_Khimonin.pdf), [Электрон. ресурс], 2009.

6. Коберн. А., Современные методы описания функциональных требований к системам// Издательство "Лори", 2002.

7. Cooper A., The Inmates Are Running the Asylum: Why High Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity, Sams Publishing , 2004.

8. Minto B., The Pyramid Principle: Logic in Writing and Thinking, United Kingdom: Pearson Education Limited, 2009.

9. К. Е. Wiegers, Software Requirements Second Edition Practical techniques for gathering and managing requirements throughout the development cycle//Microsoft Press, 2014.

10. Osterwalder A., Pigneur Y., Business Model Generation, A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers // Wiley & Sons, 2011.

---

### МОДЕЛЬ ФАКТОРА АВАРИЙНОСТИ ДЛЯ ХОДОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ВАХТЫ

---

*Кукуи Фирмин Дживо*

*Кандидат технических наук,*

*Ведущий инженер управления по транспортной логистике*

*ООО «Газпром нефть шельф»*

*Россия, г. Мурманск*

---

### ACCIDENT FACTOR MODEL FOR NAVIGATIONAL WATCH

---

*Kukui Firmin Dzhivo*

*Candidat of technical sciences,*

*Leading engineer of transport logistics Department*

*LLC "Gazprom neft shelf"*

*Russia, Murmansk*

---

**АННОТАЦИЯ:** Из анализа морских аварий и катастроф, произошедших за последние годы, следует, что большинство этих аварий произошло вследствие «человеческого фактора». Все более очевидным становится необходимость учета всех разновидностей факторов, определяющих поведение «человеческого элемента» при несении ходовой навигационной вахты. В статье рассматриваются причины и особенности появления навигационных аварий в районах со стесненными навигационными условиями. Описаны мероприятия, которые необходимо ходовой навигационной вахте проводить для обеспечения безопасного плавания в таких районах. Разработана математическая модель аварийного состояния технологии управления эксплуатацией судна. Для разработки данной модели использованы, общеизвестны в теории вероятности и математической статистике методы. Показано, что модели эволюции состояний, составленные в рамках ассоциативно-структурного подхода, и модель их взаимосвязи способны обеспечить как расчет показателя надежности при эксплуатации судна, так и прогнозирование эффективности вложения средств в СУБ этого судна. Кроме того, использование эволюционных диаграмм может способствовать выработке эффективных мер по профилактике аварийности и минимизации последствий аварий.

**ABSTRACT:** from the analysis of marine accidents and catastrophes that have occurred in recent years, it follows that most of these accidents occurred due to the "human factor". The need to take into account all kinds of factors governing the behavior of the "human element" when performing a navigational watch is becoming more evident. The article deals with the causes and features of the occurrence of navigation accidents in areas with congested navigation conditions. Describes the activities that must be carried out by the navigational watch to ensure safe navigation in such areas. A mathematical model of the emergency state of the ship operation control technology is developed. For the development of this model, well-known in the theory of probability and mathematical statistics methods are used. It is shown that the state evolution models composed of within the framework

of the associative-structural approach, and the model of their relationship can provide both the calculation of reliability in the operation of the vessel, and forecasting the effectiveness of investments in the SMS (safety management system) of this vessel. In addition, the use of evolutionary diagram can contribute to the development of effective measures to prevent accidents and minimize the consequences of accidents.

**Ключевые слова:** фактор аварийности, математическая модель, человеческий фактор, управление эксплуатацией судна, технология управления, граф аварийности.

**Keywords:** accident factor, mathematical factor, human factor, ship's operation control, technology management, count of accident.

### Введение

Аварийность морских судов определяется объективной реальностью, которая обусловлена внешними и внутрисудовыми факторами, которые сопутствуют процессам мореплавания. Аварийность морских судов всегда будет иметь место и не зависеть от человека. Полное искоренение аварийности судов, к сожалению, невозможно. Однако вполне допустимо оказывать влияние на состояние аварийности с помощью всевозможных практических мероприятий и даже достичь ее существенного снижения до некоторого уровня на какой-то достаточно ограниченный временной период. Снижение аварийности возможно, но только до определенного уровня, после чего она способна снова к росту или, в лучшем случае, к временной стабилизации на каком-то количественном показателе с небольшими отклонениями в большую или меньшую сторону. При этом положительный результат борьбы с аварийностью должен предполагать достижение ее приемлемого уровня (с допустимым материальным ущербом), а также стабилизацию аварийности на некотором интервале времени [8], [2].

Уровень аварийности и материальный ущерб от нее, как правило, не находятся только в прямой зависимости, поскольку, в некоторых случаях, они могут быть связаны между собой и обратным пропорционально. Такая неопределенность материального ущерба не позволяет использовать ее в качестве параметра, способного обеспечить решение задачи по определению тенденций состояний аварийности морских судов. В результате ежегодного сравнения абсолютных показателей роста или сокращения материального ущерба можно получить лишь представление о существующей аварийности на морском транспорте. Истинные тенденции можно определить лишь по значениям относительной аварийности, которые численно равны отношению всех аварийных случаев за рассматриваемый период к общему количеству судов, которые эксплуатировались компанией или государством флага.

Аварийность судов зачастую влечет за собой человеческие жертвы [2]. Поэтому, несмотря на отсутствие каких-либо гарантий при снижении аварийности, судоходные компании должны проводить постоянную борьбу с причинами, порождающими аварийность. Это продиктовано в первую очередь производственными, моральными и этическими нормами, разработанными самой компанией. Если в результате управления безопасной эксплуатацией судов компании удастся в какой-то мере снизить если не количество аварийных случаев, то хотя бы тяжесть последствий от них, то такое управление состоянием безопасной эксплуатацией

судов уже можно признать отвечающим глобальной цели [1] которая поставлена перед морской общественностью Международной Морской Организацией (ИМО).

Цель данной работы – описание причин и особенности появления навигационных аварий на морских судах. Также разработка модели аварийного состояния технологии управления эксплуатацией судна.

### 1. Описание причин и особенностей появления навигационных аварий на морских судах.

Плавание судна и особенно в стесненных водах является одним из наиболее сложных видов навигации. Этот вид навигации характеризуется близостью судна к надводным и подводным морским навигационным опасностям, резким изменением глубин, извилистостью фарватера, канала или другого судоходного пути, быстрыми изменениями окружающей обстановки, а также ограничениями, накладываемыми на скорость, осадку и маневрирование судна. Поэтому во время плавания в районе со стесненными условиями на мостике должен находиться капитан или, по его указанию, старший помощник капитана. Тщательное изучение района и детальная проработка предварительной прокладки при подготовке к плаванию в районе со стесненными условиями и на подходе к порту должны обеспечить быстрый и надежный контроль перемещения и маневрирования судна во время плавания.

При подходе к району со стесненными условиями плавания по решению капитана вахта может быть усилена. В этот период:

- устанавливается повышенная готовность главного двигателя к изменению режима его работы (маневренный режим) и назначается безопасная, для данных условий, скорость судна;
- управление рулем переводится в режим ручного управления;
- якоря готовятся к немедленной отдаче;
- проверяется работоспособность звуковой и световой сигнализации, исправность навигационных огней и знаков, предписанных МППСС–72 и местными правилами;
- включается эхолот, и его показания сравниваются с глубиной на морской навигационной карте;
- включаются и опробуются РЛС, системы и приборы ответственные за обеспечение безопасности мореплавания;
- на ленте курсографа наносится отметка времени;



– УКВ радиостанция настраивается на дежурный канал, а при необходимости проводится оповещение встречных судов;

– определяется место положения судна одним из наиболее точных способов;

– заблаговременно устанавливается радиосвязь с лоцманской станцией, при этом уточняют место и время встречи лоцмана, а в районе действия системы управления (регулирования) движением судов подают заявку на проводку.

Плавание судна в районе со стесненными условиями должно осуществляться в строгом соответствии с предварительной прокладкой, при этом фактический путь судна должен совпадать с линиями рекомендованных курсов и створов, проходить на безопасных расстояниях от всех подводных и надводных опасностей. При плавании в районе со стесненными условиями (особенно в шхерах) должны быть обеспечены:

– наблюдение за окружающей обстановкой;

– надежная управляемость судна;

– непрерывное тщательное счисление пути и точный учет всех факторов, влияющих на движение судна;

– точное и быстрое определение места судна выбранными способами с необходимой частотой;

– контроль счисления пути судна с учетом ограждающих изолиний;

– своевременность и точность выполнения всех поворотов и необходимых остановок судна;

– строгое выполнение установленных правил плавания в районе.

Для ориентирования во время плавания в стесненных условиях рекомендуется иметь непосредственно на ходовом мостике карты с указанием курсов плавания, ограждающих изолиний, расчетного времени плавания по каждому курсу и других необходимых дополнительных сведений. Поворот на новый курс в районе со стесненными условиями должен осуществляться с учетом влияния внешних физических и морфологических факторов, а так же маневренных качеств судна. Приход судна в начальную точку поворота проверяется по наблюдениям, продолжительности плавания на прямолинейном участке пути (по секундомеру), секущим (поворотным) пеленгам или ограждающей дистанции и знакам ограждения. Переход судна на новый курс подтверждается показаниями гироскопического и магнитного компасов.

Надежное безопасное плавание в стесненных условиях обеспечивается:

– правильным опознаванием ориентиров и знаков ограждения (характеристика огня определяется по секундомеру);

– учетом элементов течения и дрейфа при циркуляциях;

– учетом глубины под килем судна;

– учетом запаса глубины на ветровое волнение;

– выбором безопасной скорости хода, при которой сохраняется надежная управляемость судна и одновременно исключается «проседание» судна больше допустимого значения при данной глубине района и образование «попутной» волны.

Присутствие лоцмана не освобождает капитана от необходимости изучения, и знания района плавания, ведения графического счисления пути и определения места судна по навигационным ориентирам. Кроме того, капитан следит за окружающей обстановкой, контролирует правильность рекомендованных лоцманом курсов и команд по изменению скорости судна. В случае неправильных действий лоцмана капитан может отстранить его от проводки судна и в дальнейшем осуществлять ее самостоятельно или потребовать замены лоцмана.

Плавание по фарватеру под проводкой службы управления (регулирования) движением судов так же не освобождает капитана от ведения счисления пути судна, и определения его места. При плавании под проводкой службы управления (регулирования) движением судов с капитана не снимается ответственности за безопасность навигации.

Плавание на рейдах и в гаванях, а так же вблизи плавучих доков, должно осуществляться со скоростью, которая установлена портовыми властями и закреплена в местных правилах. Такая скорость способна обеспечивать безопасную управляемость судну с учетом мелководья и присасывания судна к береговым сооружениям.

Если при ухудшении видимости обеспечение безопасности плавания в районе стесненных вод становится невозможным, то судну следует стать на якорь вне фарватера. Если возникают сомнения относительно местоположения судна, то необходимо застопорить энергетическую установку, и принять меры к надежному определению текущего места.

В настоящее время безопасное плавание судна стесненных водах регулируется рамками следующих правил:

– Международной конвенцией по подготовке дипломированию и несению вахты 1978/ 95 (ПДНВ–78/95);

– Международными правилами предупреждения столкновений судов в море, 1972 г. (МППСС–72);

– Рекомендациями и наставлениями по организации штурманской службы на судах компании;

– проверочным листом СУБ компании, определяющим правила плавания в узкости, вблизи навигационных опасностей, при заходах/выходах из порта.

Перечисленные нормативные документы позволяют составить и предложить к использованию норму HS, которая должна определять все действия штурманской вахты [10, 3, 6]. Формально эту норму можно записать так:

$$\Phi: ПДНВ \times МР \times RS \times PL \rightarrow HS, \quad (1)$$

где МР – МППСС–72; RS – рекомендации или наставление по организации штурманской службы на судне; PL – проверочный лист.

Абсолютное большинство навигационных аварийных случаев, так или иначе, связаны с нарушениями нормы HS. Эти нарушения определяются неудовлетворительной организацией штурманской службы на мостике судна, нарушением и невыполнением судовыми специалистами правил и требований в части «безопасного плавания судов в районе со стесненными условиями, подхода к порту, выхода из порта». Вследствие нарушения нормы плавания происходят навалы на причальные и другие гидротехнические сооружения, столкновения с судами или плавающими объектами, посадки на грунт.

2. Модель аварийного состояния технологии управления эксплуатацией судна

Модель аварийного состояния технологии управления представим с помощью направленного графа переходов со структурой дерева вида  $G_2(P, V)$ , где  $P$  – вершины;  $V$  – ребра графа (рис. 1). Исходные вершины эволюционной диаграммы (графа)  $G_2(P, V)$  соответствуют состояниям нормального функционирования подсистем, которые обеспечивают реализацию технологического процесса управления эксплуатацией судна. Так, состояние нормального функционирования подсистемы "человеческий элемент" соответствует вершине  $P_1$ ,

подсистемы технических средств – вершине  $P_3$ , подсистемы организационных средств – вершине  $P_5$ , а вершины направленного графа  $P_7$  и  $P_{10}$  отражают состояния нормального функционирования средств технической и организационной диагностики организационно-технической системы.

Ребра  $v \in V$  графа  $G_2(P, V)$ , представленные на рис. 1 в виде сплошных линий, фиксируют направленные переходы подсистем, обеспечивающих реализацию технологии управления, из состояния в состояние. Управленческой ошибке "человеческого элемента" соответствует вершина  $P_2$ , отказу технических средств – вершина  $P_4$ , сбою организационных средств – вершина  $P_6$ . Вершины направленного графа  $P_8, P_9, P_{11}, P_{12}$  соответствуют состояниям средств диагностики при фиксации ложных или скрытых отказов и сбоев в технической и организационной подсистемах соответственно. Действительно, с точки зрения последствий отказов судовых технических средств и сбоев в организации несения вахты в технологии управления  $T_{UG}$  целесообразно рассматривать только скрытые и ложные отказы. При этом под скрытыми техническими отказами и организационными сбоями следует понимать события, при которых ни средства технической диагностики, ни организационные контрольные мероприятия не парируют эти события.

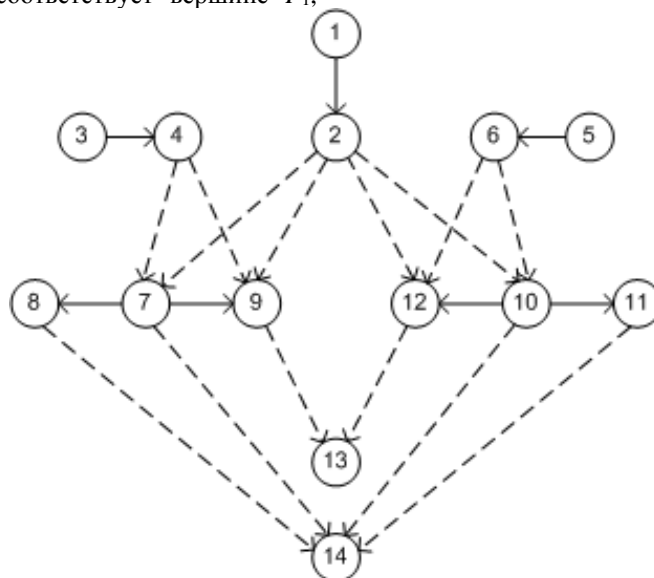


Рис. 1. Граф аварийности

Кроме того, ложными отказами и ложными сбоями необходимо считать самопроизвольно вырабатываемые сигналы об отказах и сбоях при нормальной работе подсистем организационно-технической системы.

Ребра  $v \in V$  направленного графа  $G_2(P, V)$  в виде пунктирных линий показывают эволюцию состояния при наличии ошибок "человеческого элемента", скрытых или ложных отказов и сбоев технических или организационных средств. Конечными вершинами эволюционной диаграммы являются вершины  $P_{13}$  и  $P_{14}$ , которые определяют

конечные состояния аварийности технологического процесса управления. Пусть в случайные моменты совершает ошибки "человеческий элемент", а средства диагностики обнаруживают ложные или скрытые отказы и сбои в технической и организационной подсистемах. Тогда, учитывая, что критическая ситуация на судне, фиксируемая состоянием  $P_{14}$ , будет складываться лишь в случае подачи сигнала о ложных отказах и сбоях, а также при парировании средствами технической или организаци-

онной диагностики скрытых отказов и сбоев, модель такой ситуации можно представить следующим образом:

$$P_{14} = P_{14}^0 \vee P_{14}^1 \vee P_{14}^2 \vee P_{14}^3 \vee P_{14}^4 \vee P_{14}^5, \quad (2)(4.26)$$

где каждая компонента является монотонной цепочкой переходов вида

$$P_{14}^0 = P_1 \& P_2 \& P_7;$$

$$P_{14}^1 = P_1 \& P_2 \& P_{10};$$

$$P_{14}^2 = P_3 \& P_4 \& P_7;$$

$$P_{14}^3 = P_5 \& P_6 \& P_{10};$$

$$P_{14}^4 = P_8;$$

$$P_{14}^5 = P_{11}.$$

Состояние технологии управления  $T_{UG}$ , классифицируемое как аварийное (вершина направленного графа  $P_{13}$ ), определяется ошибками "человеческого элемента", отказами или сбоями технической или организационной подсистемы, а также отказами средств диагностики. Модель аварийной технологии управления  $T_{UG}$ , которая складывается на судне, можно записать так:

$$P_{13} = P_{13}^0 \vee P_{13}^1 \vee P_{13}^2 \vee P_{13}^3, \quad (3) \quad (4.27)$$

где каждая компонента является монотонной цепочкой переходов вида

$$P_{13}^0 = P_1 \& P_2 \& P_9;$$

$$P_{13}^1 = P_1 \& P_2 \& P_{12};$$

$$P_{13}^2 = P_3 \& P_4 \& P_9;$$

$$P_{13}^3 = P_5 \& P_6 \& P_{12}.$$

Введенные ранее допущения и описания моделей (2), (3) позволяют получить общее представление о трех основных состояниях, которые могут сложиться в СУБ при реализации технологии поддержания безопасной эксплуатации судна, и составить модель взаимосвязи этих состояний. Модель взаимосвязи эксплуатационного, критического и аварийного состояний технологии  $T_{UG}$  можно представить в виде направленного графа с циклической структурой вида  $G_3(S, W)$ , где  $S$  – вершины графа;  $W$  – его ребра (рис. 2).

Основным состоянием, отвечающим условиям безопасной реализации технологии управления, является эксплуатационное состояние  $T_{UG}$ , соответствующее вершине графа  $S_1$ . В этом состоянии действие факторов опасности незначительно и сбалансировано действиями СУБ судна на стадиях профилактики и предупреждения аварийности. Устойчивость эксплуатационного состояния  $S_1$  в модели взаимосвязи представлена циклом в вершине графа (рис. 2).

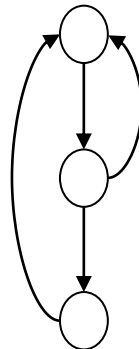


Рис. 2. Граф взаимосвязи состояний технологии  $T_{UG}$

Если действие факторов опасности создает реальную угрозу безопасной реализации технологии управления и не может быть сбалансировано действиями СУБ судна на стадиях профилактики и предупреждения, возникает неустойчивое критическое состояние, соответствующее вершине графа  $S_2$ . Это состояние явно неустойчиво, поскольку, с одной стороны, способно при принятии чрезвычайных организационно-технических мер вернуться в устойчивое эксплуатационное состояние  $S_1$ , с другой – если принятые меры будут неадекватны действию факторов опасности, перейти в аварийное состояние (вершина графа  $S_3$ ).

#### Заключение

Аварийное состояние технологии управления  $T_{UG}$  характеризуется истинным или кажущимся нарушением технологии управления или отказами

отдельных ее элементов. При кажущемся нарушении функционирования или кажущемся отказе элемента технологии управления возможно возвращение ее состояния в эксплуатационное состояние. При истинном отказе элемента или истинном нарушении технологического процесса управления аварийное состояние необратимо. Свойство необратимости и устойчивости истинного аварийного состояния в эволюционной модели взаимосвязи представлено циклом при вершине графа  $S_3$ .

При истинном аварийном состоянии технологии управления система управления безопасностью обязана реагировать на разрушительное действие опасных факторов, но лишь так, чтобы локализовать, а затем – минимизировать его последствия. Модели эволюции состояний, составленные в рамках ассоциативно-структурного подхода, и модель

их взаимосвязи способны обеспечить как расчет показателя надежности при эксплуатации судна, так и прогнозирование эффективности вложения средств в СУБ этого судна. Кроме того, использование эволюционных диаграмм может способствовать разработке эффективных мер по профилактике аварийности и минимизации последствий аварий.

#### Список литературы.

1. Использование ассоциативно-структурного подхода при описании аварийной ситуации и вариантов ее развития / С.В. Помахо, А.Ж. Смирнов, В.И. Меньшиков // Вестн. МГТУ: Труды Мурман. Гос. техн. Ун-т. 2011. Т.14. № 4. С.737 – 739.

2. Катенин В.А. Навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение судовождения на внутренних водных путях. СПб. : Элмор. 2011. 614 с.

3. Катенин В. А., Дмитриев В. И.. Навигационное обеспечение судовождения. М : Академкнига, 2006. 372 с.

4. Кодекс международных стандартов и рекомендуемой практики расследования аварии или инцидента на море (Кодекс расследования аварий) (Принят Резолюцией КБМ от 16.05.2008 N MSC.255(84)).

5. Кодекс проведения расследования аварий и инцидентов на море – Code for investigation of marine casualties and incidents. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 1998. 112с («судовладельцам и капитанам и капитанам»), вып.№ 10). Принятая 20-й Ассамблеей Международной морской

6. Кукуи Ф.Д., Скороходов Д.А., К вопросу об обеспечении безопасности судна судоводителем. Научный журнал «Наука и транспорт». 2012. №2. С – 30 – 33.

7. Кукуи Ф. Д. Модель и механизм побуждения к реализации безопасных технологий при эксплуатации судов компании // Морские интеллектуальные технологии. 2016. Т. 1. № 1 (31). С. 49 – 53.

8. Михальский В. А. Оптимальные методы и способы морской навигации. Л.: 1991. 244с.

9. Основные процессы в структурах безопасной эксплуатации судна / Ф. Д. Кукуи, Н. А. Анисимов, А.А. Анисимов / под общ ред В. И. Меньшикова. Мурманск. : Изд-во МГТУ, 2008. 185 с.

10. Проблемы безопасного мореплавания в сложных навигационных условиях стесненных вод

/ В. И. Меньшиков, А. Н. Сулов, В. В. Шутов / под общ. ред. В. И. Меньшикова. Мурманск. : Изд-во МГТУ, 2013. 186 с.

11. Резолюция ИМО А.849 (20) принята 27 ноября 1997 г.

#### References

1. The use of associative-structural approach in the description of the emergency and options for its development / S. V. Pomaha, A. J. Smirnov, V. I. men'shikov, Vestn. MGTU: trudy Murman. State. tech. Univ. 2011. Vol. 14. No. 4. P. 737 – 739.

2. Katenin V. A. Navigation-hydrographic and hydrometeorological support of navigation on inland waterways. SPb. : Elmore. 2011. 614 p.

3. Katenin V.A., Dmitryev V.I. Navigacionnoe obespetchenye sudovozhdenye. M. : Akademknig, 2006. 372p.

4. Code of international standards and recommended practice of investigation of accident or incident at sea (code of investigation of accidents) (Adopted by the MSC Resolution of 16.05.2008 N MSC.255 (84).

5. Code for investigation of marine accidents and incidents. SPb.: ЗАО CNIMF, 1998. 112 p ("shipowners and captains and captains"), vol. No. 10). Adopted by the 20th Assembly of the International Maritime.

6. Kukui F.D., Skorohodov D.A. To the question of ensuring the safety of the vessel by the master. Scientific journal "Science and transport". 2012. No. 2. P – 30 – 33.

7. Kukui F. D. Model and impulsion mechanism of the safety technology achievement in the process of company's ship operation // Marine intellectual technologies. 2016. Vol.1. № 1 (31). P. 49 – 53.

8. Mikhalsky V. optimal methods and methods of Maritime navigation. L.: 1991. 244p.

9. The main processes In the structures of safe operation of the vessel. Kukui F.D. Anisimov A.N., Anisimov A.A. / under the general ed. V. I. men'shikov Murmansk. : MGTU publishing house, 2008. 185 p.

10. The problem of safe navigation in the difficult navigation in congested waters / V. I. men'shikov, A. N. Suslov, V. V. Shutov / under the general edit. of V. I. Menshikov. Murmansk. : MGTU publishing house, 2013. 186 p. 186.

11. IMO resolution A. 849 (20) adopted on 27 November 1997.

**ПРОИЗВОДСТВО КОНТАКТНОЙ ВСТАВКИ ТРОЛЛЕЙБУСОВ В МОНГОЛИИ И ЕЁ  
ИСПЫТАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ***Мягмарсүрэн Балдан**магистр тех.наук**Монгольский Аграрный Университет.г.Улан-Батор**Монх-Эрдэнэ Бат-Эрдэнэ**магистр тех.наук**Монгольский Аграрный Университет.г.Улан-Батор**Баатархуу Доржсүрэн**Доктор технических наук**Монгольский Аграрный Университет. г.Улан-Батор*

**АННОТАЦИЯ:** Самым востребованными элементами троллейбусов эксплуатируемые у нас в Улан-Баторе являются контактные вставки. До сегодняшнего дня основным поставщиком угольной вставки является Россия. По нынешним ценам вставка стоит 1500 тугров за штуку. Со временем она станет ещё дороже. В этой статье описываю о возможности производства контактных вставок, которые по своему качеству намного превышает импортные по износу контактных линий искрению и по дешевизне при производстве.

**ABSTRACT:**The most needed and high maintenance costs parts of Trolleybus is contact insert. The price of contact insert is 1500MNT used to be imported from Russia. Russian contact insert are problems with high sparking, a lot easier erosion of contact insert and feed electricity to the network, high cost. Therefore, in this paper, the Mongolian contact insert with spark proof of electrical network, erosion-resistant material and low cost is proposed.

**Ключевые слова:** Контактные вставки, удельное сопротивление, трение, производства.

**Keywords:** Contact inserts, resistivity, friction, production.

**Введение**

В 1990-2000 годы во времена перехода Монголии на рыночную экономику многие предприятия, которые до перехода отличались своими производительностью объявляли себя банкротами и вынуждены были закрыть свой двери. Много предприятие до развала СССР работали по принципу плановой экономики, импорт производственных материалов, полностью зависела от производителей СССР, но после развала её 100%-ная снабжение предприятие докатилась до 0% процентов, который стал тяжёлыми бремени для многих наших предприятие.

В эти экономические тяжёлые времена, когда почти 80% процентов предприятие были банкротами, но и были некоторые предприятие выдержавшие эти смутные времена.

Одним из таких предприятие-была компания электрического транспорта, который заведует до сих пор городским электрическим транспортом Улан-Батора.

Экономический самым тяжёлыми периодом для этого транспортного предприятие были 1990-2000 годы, когда снабжение материалами из СССР вообще перестала поставляться. Но несмотря на это руководство и рабочий коллектив своими силами выстояли эти трудные года. На сегодняшний день это предприятия выпускает свои троллейбусы, сам изготавливают большинство запасных частей механических так и электрических, импортные запчасти и материалы сократились почти на 85% процентов.

И всё-таки самым востребованным быстроизнашивающимся элементом всё равно становится контактные вставки, у которых импортная цена стоит 1500 тугриков.

Электрический транспорт в Монголии то есть троллейбусы впервые начали обслуживать пассажирам Улан-Батора в 1987 году. С тех пор по целостной замене контактной линии троллейбусов не

проводилась никаких работ, только техническое обслуживание и замена нескольких отрезков линий по возможности, с увеличением износа контактной линии затраты контактных вставок увеличилось во много раз, что приводило к выявлению новых контактных вставок сокращающих затрат, удовлетворяющих наших условий, который сталкиваемся техническими и экономическими затруднениями. Со временем через полгода будет заменён контактные линия, ситуация улучшится[1].

В этой статье предлагаю наш вариант контактной вставки с уменьшенными искрениями, медленными износами и дешевые при производстве.

Производство контактных вставок наши инициаторы намеренный основать в главном производственном объекте организаций электрического транспорта

**Методика исследований**

Контактная вставка служить для передачи электрической энергий в оборудованях постоянного тока троллейбуса, прикреплённый специальным башмаком к штангу. Контактная линия питающий троллейбус постоянным током колеблется от 680-700 (В), принцип питания контактная линия-контактная вставка-оборудование троллейбуса. Одним словом, контактная вставка является контактной передачи, который за счёт трений передаёт электрическую энергию в подвижной состав.

На один троллейбус используется две пары контактной вставки, который по износу от 80-85% заменяют на новые пары. Износ вставок в наших климатических условиях в 1987÷1995 годах на 102 км 85%, в 1995÷2005 годах на 69 км 85%, в 2005 – 2012 годах на 34,5 км износ вставок составил 85% причиной сокращение километров на износ вставок связанна с износом и устарелостью контактных линий.

Контактная вставка по-своему конструкций состоит Рисунок 1.

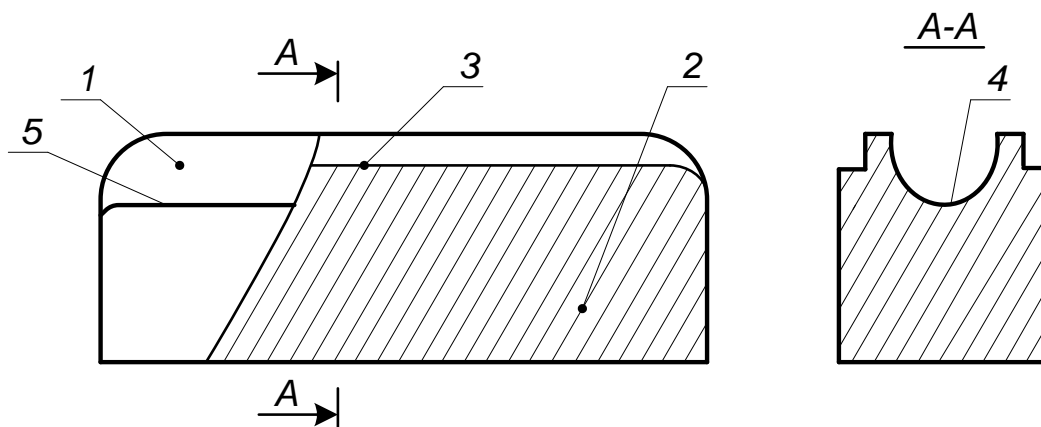


Рисунок 1. Схема контактная вставка

1- вставка со стороны контактных линий, 2-общий вид вставки, 3-канавка для алумелевой щётки, 4-контактная часть для передачи электроэнергии, 5- дорожка для трении.

В состав контактной вставки входят измельчённый кокс, кремний, латунь и алюминий. Смешанные массы элементов нагревается до 2500 С, потом отправляется под пресс от 5÷10 МПа давлением. После изготовления контактной вставки её охлаждает в естественных условиях.

#### Результаты

Контактные вставки изготовленные у нас было изучено вместе с импортными вставками. Контактные вставки использующий по сей день из Российской Федераций имеет в составе:

- Магний -12%
- Кремний -70%
- Алюминий -5%
- Олово -13%

Кроме того вес одной штуки вставки 67 грамм, удельное сопротивление  $\rho = 150 \frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$  общий размер 24\*27\*88 мм.

Вставки изготовленные в наших условиях имеет в составе:

- Магний – 0,1%
- Кремни – 46,4%
- Алюминий – 48%
- Олова – 5,5%

Вес одной вставки 80 грамм, удельное сопротивление  $\rho = 90 \frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$ , общий размер 21\*28\*27 мм.

Цена импортной вставки 1500 тугров, а наш состоит 700-750 тугров. На импортных контактных вставках и вставках изготовленные в наших условиях был проведён опыт в отдельных троллейбусах по их износу. У импортных вставок из опета после пробега 500 километров, износ был 15мм, а у вставки нашего производства был 5 мм износа .

Из опыта следует что в наших условиях можно производить контактные вставки не уступающих по качеству импортным. Все химические элементы входящих в состав контактных вставок, можно без труда достать из горно-обогачительных производство действующих в нашей стране.

Ниже указанные итоги опыта затрат двух контактных вставок в зимние и в летние периоды

Таблица1 Импортные контактные вставки

№	Маршруты	Расстояние между конечным пунктам [км]	Затраты [в штуках]		Затраты [в туграх]	
			Летний период	Зимний период	Летний период	Зимний период
1	Комбинат производств панели-ботанический сад	34,5	6,9	18,4	10,350	27600
2	Дворец офицеров – III/IV микрорайон	18,4	3,7	9,83	5,550	8325

Затраты импортных контактных вставок в штуках и в туграх

Таблица 2 Вставки контактов изготовленные в наших условиях

№	Маршруты	Расстояние между конечным пунктам	Затраты [в штуках]		Затраты [в туграх]	
			Летний период	Зимний период	Летний период	Зимний период
1	Комбинат производств панели-Ботанический сад	34,5		2,5		3790
2	Дворец офицеров III/IV микрорайон	18,4		1,3		1950

Затраты вставок изготовленные в наших условиях в штуках в туграх

Таблица 3 Ниже указанная таблица, измененные технологические составы контактной угольной вставки

№	Данные	Состав материалов угольной вставки		
		Кремний + Железа + Феноловая смола	Кремний + Мед + Олово + бронза	Кремний + Никель + Мед + Железо
1	Виды угольных вставок			
2	Коэффициент трения	0,133	0,133	0,12
3	Пробег эксплуатаций [км]	500	600	900
4	Внешняя свойство контактных линий	Чисто полированный	Чисто полированный	Чисто полированный

#### Вывод

✓ Контактные вставки изготовленные в наших условиях по стоимости намного дешевле чем импортные, она на 800 тугров дешевле и по качеству не уступает чем импортные.

✓ Износ контактных вставок удельному сопротивлению стал намного плотнее, а по износу стал от 15мм до 5мм.

✓ Элементы для изготовление контактных вставок думаю можно снабжать от частных компаний, который добывает эти элементы из природы.

✓ Монголия страна где развитие экономики идёт быстрыми темпами особенно в сфере общественного транспорта.

✓ И контактная вставка, и модернизация её в дальнейшем станет одной из инновационных деталей для электрических транспортов нашей страны.

#### Список литературы:

1. Баатархуу.Д, Мягмарсүрэн.Б, “К вопросу исследование эффективности действия электрического транспорта города Улан-Батора” Аграрная наука сельскохозяйственному производству Сибири, Казакстана, Монголии, Белоруси и Болгарии, Сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференций, Новосибирск, 16-17 сентября 2015 г, част II-с. 292-285;

2. Мисбалин.В.И, Осипов.И.Г, Березин.В.М, “Троллейбус пассажирский” Москва 1997 г;

### ПУТИ СНИЖЕНИЯ ДВУОКСИ УГЛЕРОДА В СОСТАВЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВТОМОБИЛЯ

*Папнян М.Г.*

*Есоян А.М.*

*Мосикян К.А.*

*Национальный Аграрный Университет Армении*

**АННОТАЦИЯ:** В статье рассмотрен вопрос снижения удельного объема двуокиси углерода в выхлопных газах газобаллонного автомобиля. На основе технико-технологической разработки конструкции катализатора с применением кальцината и кальцикарбоната сделана попытка создания «ловушки» для  $CO_2$ . В технологии создания катализатора предусмотрено применение асимметричного постоянного тока, высокочастотного генератора и электромагнитного поля.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН РА в рамках научного проекта № 18Т-2Н104.

**ANNOTATION:** The article considers the issue of reducing the specific volume of carbon dioxide in the exhaust gases of a gas-filled vehicle. On the basis of the technical and technological development of the catalyst design using calcinate and calcic carbonate, an attempt was made to create a “trap” for  $CO_2$ . The technology of creating a catalyst provides for the use of asymmetric direct current, high-frequency generator and electromagnetic field.

This work was supported by the RA MES State Committee of Science, in the frames of the research project № 18Т-2Н104.

**Ключевые слова:** карбонит кальция, катализатор, абсорбция, асимметричный ток, двуокись углерода.

**Keywords:** calcium carbonite, catalyst, absorption, asymmetric current, carbon dioxide.

Выброс двуокиси углерода ( $CO_2$ ) в атмосферу является одним из основных факторов глобального потепления климата земли. Среди кумулятивных загрязнителей атмосферы, кроме двуокиси углерода, особое место занимает метан и «черный углерод». Об этом отмечается в итоговом документе РКИК ООН (рамочная конвенция изменения климата ООН Париж 1 декабря 2015 года). Кроме того,

замечено, что приближение пика глобального потепления к середине века будет значительно ниже 2 °С.

Аналізу негативного влияния глобального потепления и о значении в этом транспорта посвящена работа «Fuglogtvedt. Jset al.» Оценка воздействия транспорта на климат и озон. Atmos. Roveron.44. 4648-4677 (2010)

По данным международной статистики известно, что объем выбросов  $CO_2$  в атмосферу от электро- и теплоэнергетических установок в общем объеме составляет 43,9 %, на долю транспорта приходится 15,9 %, для всех остальных целей оно составляет 40,2 %.

Большинство стран мира (более 180 государств) 1 декабря 2015 г. в Париже приняли решение об ограничении выбросов  $CO_2$  и обязали страны участницы принять меры по снижению выбросов  $CO_2$  в атмосферу.

Известно, что содержание  $CO_2$  в атмосферном воздухе чрезвычайно мало, оно составляет всего 0,035 %. Однако незначительное увеличение ее количества приводит к «тепличному эффекту». Данный факт увеличивает пропускную способность атмосферы земли инфракрасного излучения солнца, в итоге земля «греется», что приводит к негативным явлениям для фауны и флоры.

Хотя  $CO_2$  в атмосфере необходим для роста растений и охлаждения планеты, но, как отмечает профессор Бостонского университета Ранга Минени, увеличение площади лесов не сможет компенсировать глобальное потепление.

Рассмотрим условия образования  $CO_2$  в процессе работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) для газомоторного топлива и бензина.

Исследование процесса горения топливно-воздушного заряда в камере сгорания ДВС показывает, что количество  $CO_2$  во время горения зависит в основном от так называемого коэффициента избытка воздуха. В целом процесс горения топлива воздушного заряда в камере сгорания зависит от многих факторов, основные из которых: степень сжатия, характеристика камеры сгорания, угол опережения зажигания, температуры топливно-воздушного заряда, число оборотов коленвала и т.д.

Рассмотрим процесс горения и выделение при этом двуокиси углерода при работе ДВС на газомоторном топливе.

Различают несколько видов структуры пламени в цилиндре ДВС такие, как гетерогенное, диффузионное, гомогенное, турбулентное, вихревое и т.д. [3].

Каждый из указанных видов горения обуславливается конструкцией и характеристиками камеры сгорания. Результаты исследования Г.Р. Рикардо [4] показали, что топливно-воздушный заряд во время тактов впуска и сжатия имеет турбулентный характер газодинамического состояния, что позволяет увеличить степень сжатия и условия горения в цилиндре.

Изучая влияние формы и характеристики камеры сгорания, чем формируются показатели рабочего цикла ДВС, следует обратить внимание на конусообразный вид камеры сгорания, где во время расширения, нарастание давления горячих газов имеет равномерное распределение. Данный факт получил название «эффект Манро». При этом конусообразная форма камеры сгорания обеспечивает различные значения коэффициента избытка воздуха  $\lambda$ , т.е. в узкой части камеры сгорания, у свечи зажигания  $\lambda$  значительно выше, что позволяет

улучшить процесс сжигания в начальном этапе и обеспечить большой фронт огня в цилиндре, направляя пламя с центра по краям цилиндра. Для ДВС такая камера была разработана одним из авторов [5]. При этом сгорание газовойоздушного заряда происходит полноценно и до конца, а выделение тепловой энергии в соответствии с параметрами химической реакции. В результате этого индикаторная работа возрастает до значения 95 % по бензину.

Решение вопроса снижения содержания двуокиси углерода в составе выхлопных газов автомобилей, особенно с бензиновым двигателем работающих на бензине и на природном газе, в этом плане имеет актуальное значение. Об этом свидетельствует тот факт, что в ЕС согласован компромисс о содержании  $CO_2$  в период с 2015 по 2020 гг. снизить от 130 гр.км до значения 95 гр.км. РФ по этому вопросу имеет рекомендации о снижении до предела не более 130 гр.км. (dw.com/ru/v-es-согласован).

В настоящее время научно-исследовательских и научно-экспериментальных работ по данному вопросу проводится крайне мало, а в литературных источниках практически отсутствует.

Для вредных, токсичных выбросов известны трехкомпонентные катализаторы различной конструкции и технологии. Для двуокиси углерода катализаторы широкого применения на автомобильном транспорте отсутствуют вовсе.

В последние 20-25 лет вопрос снижения выбросов как из стационарных, так и передвижных источников (в основном автомобильный транспорт) стал более чем актуальным.

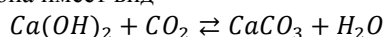
По результатам многочисленных исследований доказано, что для горения одного килограмма газомоторного топлива необходимо около девяти килограмм воздуха (для бензина оно составляет порядка 15-16 кг.). В связи с этим состав газовойоздушной смеси необходимо отрегулировать с расчетом на оптимальное значение коэффициента избытка воздуха.

Из опыта эксплуатации газобаллонных автомобилей известно, что мощность ДВС при работе на газомоторном топливе снижается на 15-20 %. Это означает, что для обеспечения производительности автомобиля необходима работа ДВС на высоких оборотах и на низких передачах для обеспечения необходимой технической скорости автомобиля. Такой режим эксплуатации автомобиля приводит к перерасходу газомоторного топлива, причем как эксплуатационной нормы, так и удельного расхода топлива. Высокие обороты ДВС и повышенный расход топлива приводит к увеличению выбросов двуокиси углерода. Условием недопущения перерасхода газомоторного топлива газобаллонного автомобиля являются мероприятия по восстановлению потерянной мощности ДВС, т.е. оптимизации мощности двигателя. Такое решение вопроса является «активным» методом снижения выбросов двуокиси углерода. Однако, это необходимое, но недостаточное решение проблемы. Даже самое оптимальное значение эксплуатационных регулировок допускает выброс двуокиси углерода по-



рядка 8-14 % объема выхлопных отработанных газов. Возникает необходимость дополнительного снижения  $CO_2$ , то есть разработать методику и применять технико-технологические меры для дальнейшего снижения двуокиси углерода в составе выхлопных газов. Средством снижения количества выбросов  $CO_2$  в отработанных газах может служить так называемый метод «пассивной» нейтрализации посредством катализатора для  $CO_2$ , установленной на выпускном тракте автомобиля.

Рассмотрим химические реакции, позволяющие отделение, накопление и утилизацию  $CO_2$  в составе отработанных газов автомобиля. Таковой является реакция карбоната кальция с двуокисью углерода, она имеет вид



$Ca(OH)_2$  - это гашенная известь, которая получается в итоге обжигания кальцината  $CaCO_3$  при высокой температуре.

На основе данной технологии представляется возможным разработать техническое решение для обеспечения фильтрации и нейтрализации  $CO_2$  в выхлопных газах двигателей работающих на бензине и на газомоторном топливе.

Для инженерного решения вопроса нами разработан технологический принцип, основанный на

абсорбировании  $CO_2$  в батареях (конверторах). В настоящее время проводится подготовка теоретической базы и технической документации на основе создания так называемой «батареи ловушки  $CO_2$ » с применением карбоната кальция с различными присадками, тока высокой частоты электромагнитного поля и прочее.

Для проведения научно-экспериментальных работ созданы соответствующие условия: современные контрольно-измерительные и регистрирующие приборы на основе высоких технологий.

#### Литература

1. «Fuglogtvedt. Jset al.» Оценка воздействия транспорта на климат и озон. Atmos. Roveron.44. 4648-4677 (2010).
2. Материалы РКИК ООН (рамочная конвенция изменения климата ООН) Париж 1 декабря 2015 года.
3. Луканин В.Н., Трафименко Ю.В.. Промышленно-транспортная экология. М.Высшая школа 2001г., 295 стр.
4. Быстроходные двигатели внутреннего сгорания. Перевод с английского. М.ГНТИ. Машлит. 1960 г., 411 стр.
5. Мосикян К.А. и другие. Авторское свидетельство номер 3001 А от 16.02.2016г. «Камера сгорания ДВС».

---

### AUTOMATIC REMOVAL OF FLUID FROM LOW PRESSURE PLUMES AND GAS FIELD COLLECTORS

---

**Krasnov A. N.,**

*Candidate of technical sciences, associated Professor, Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)*

**Prakhova M. U.,**

*Associated Professor, USPTU*

**Khoroshavina E.A.**

*Candidate of technical sciences, associated Professor, USPTU*

---

### АВТОМАТИЧЕСКОЕ УДАЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ НИЗКОДАВЛЯЮЩИХ ШЛЕЙФОВ И КОЛЛЕКТОРОВ ГАЗОВЫХ ПРОМЫСЛОВ

---

**Краснов Андрей Николаевич,**

*Канд. техн. наук, доцент*

*Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)*

**Прахова Марина Юрьевна**

*Доцент УГНТУ*

**Хорошавина Елена Александровна**

*Канд. техн. наук, доцент УГНТУ*

---

**SUMMARY:** The transition of gas fields to the final stage of development entails many problems, one of which is an increase of the formation fluid content in the produced gas. The article contains the analysis of the existing methods for removal of fluid accumulated in loops and gas gathering networks. A system is proposed for automatic removal of fluid from low-pressure loops and collectors, which allows avoiding their flushing to a torch. The system practically does not require additional investments due to the use of existing equipment, reduces gas losses and improves the environmental situation in the gas field.

**АННОТАЦИЯ:** Переход газовых месторождений в завершающую стадию разработки влечет за собой много проблем, одной из которых является увеличение содержания пластовой жидкости в добываемом газе. В статье анализируются существующие методы удаления скопившейся в шлейфах и газосборной сети жидкости. Предложена система автоматического удаления жидкости из низконапорных шлейфов и коллекторов, позволяющая избежать их продувки на факел. Система практически не требует дополнительных

капиталовложений за счет использования существующего оборудования, уменьшает потери газа и улучшает экологическую обстановку на газовом промысле.

**Keywords:** plume, gas gathering network, water cut, self-killing of gas well, compressor, low pressure gas

**Ключевые слова:** шлейф, газосборная сеть, обводненность, самозадавливание газовой скважины, компрессор, низконапорный газ.

**Постановка проблемы.** Большинство крупнейших газовых месторождений Западной Сибири, таких как Вынгапуровское, Медвежье, Уренгойское и др., в настоящее время либо переходят в завершающую стадию разработки, либо уже перешли в нее. Основная особенность этой стадии – существенное снижение пластового давления, что осложняет эксплуатацию как самих скважин, так и газосборных сетей (ГСС). Причиной осложнения является увеличение содержания в газе пластовой жидкости при одновременном снижении не только давления, но также температуры и расхода газа.

Эти факторы способствуют созданию условий для накопления жидкости в трубопроводах ГСС, что, в свою очередь, формирует целый комплекс эксплуатационных проблем, таких как рост потерь давления по длине шлейфов, появление залповых выбросов жидкости во входные сепараторы установок комплексной подготовки газа (УКПГ), увеличение риска льдо- и гидратообразования.

С учетом того, что обозначенная проблема с каждым днем становится все более распространенной, разработка системы, позволяющей эффективно удалять жидкость из скважин и ГСС путем адаптации существующей системы сбора газа к работе при пониженных значениях устьевых давлений с минимальными затратами, является актуальной научно-практической задачей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** На сегодняшний день существует несколько типовых технических решений и методов предотвращения накопления и удаления жидкости из скважин и ГСС.

Удаление жидкости из шлейфа производится либо периодически, т.е. по факту ее накопления, либо постоянно, что позволяет избежать скопления больших количеств воды на каком-либо участке шлейфа [1 – 10]. Периодическая очистка производится чаще всего продувкой шлейфов на свечу на устье скважины или на газовом промысле [2, 3]. Существует также периодическая очистка с помощью разрушающихся или неразрушающихся поршней [5].

В [6] периодическое удаление жидкости с забоя скважины производится посредством добываемого газа, путем продувки шлейфов через газовый эжектор. Каждая скважина периодически подключается к камере смешения эжектора, на вход которого подается высоконапорный газ с дожимной компрессорной станции (ДКС), а затем смешанный поток направляется на вход ДКС. Период продувки каждой скважины определяется по стабилизации температуры в ней. Данный способ фактически подразумевает прогрев шлейфов и скважин путем закачки осушенного газа высокого давления с газового промысла через шлейф в пласт с одновремен-

ной подачей распыленного метанола (через эжектор). В качестве недостатка такого способа необходимо отметить прежде всего то, что скопившаяся в шлейфе жидкость не удаляется из ГСС и попадает обратно в пласт, что впоследствии опять приведет к образованию пробок и задавливанию скважин.

Для постоянной очистки шлейфа необходимо увеличить скорость газожидкостного потока. Это можно сделать добавлением в поток поверхностно-активных веществ [7] или конструктивными изменениями существующей системы сбора, например, прокладкой трубопровода с меньшим диаметром внутри существующего («труба в трубе») [1], просто заменой существующих шлейфов на меньший диаметр [3], объединением двух шлейфов в один [4]. В результате таких мероприятий условия выноса жидкости улучшаются, поэтому вопрос о ее скоплении на каких-либо участках не встает.

В [1] проведен подробный анализ перечисленных методов, позволяющий оценить преимущества и недостатки каждого из них. В промышленных условиях был успешно испытано объединение шлейфов, однако авторы отмечают, что возможности применения данной технологии на промысловых ГСС весьма ограничены, так как число шлейфов в одном коридоре и протяженность этих коридоров, как правило, невелики по сравнению с общей протяженностью ГСС.

Необходимо отметить, что сами по себе жидкостные пробки не являются серьезной проблемой, т.к. они не оказывают заметного влияния на сопротивление шлейфов. Проблемой они становятся в зимний период, когда жидкостная пробка превращается в ледяную, уменьшая или перекрывая поперечное сечение шлейфа и увеличивая тем самым его сопротивление. Это обстоятельство дает возможность подойти к решению задачи жидкостных скоплений в шлейфе с другой стороны, обеспечив положительные температуры газожидкостного потока на всем протяжении шлейфа. Это можно сделать, например, посредством теплоспутника [8].

С технической точки зрения этот способ напоминает технологию «труба в трубе», однако внутренняя труба устанавливается не для увеличения скорости движения газа, а для его постоянного подогрева. Внутри основного трубопровода ГСС протягивается теплоспутник – колтюбинг, по которому циркулирует водометанольный раствор, нагреваемый сбросным теплом от аппаратов воздушного охлаждения (АВО) газа. Это позволяет предотвратить замерзание жидкости в основной трубе.

Тем не менее до настоящего момента основным способом периодического удаления жидкости из скважин и шлейфов является продувка скважин и соединительных трубопроводов (шлейфов, коллекторов) на факел [2] в течение 15 - 30 мин. Скорость газа на забое должна при этом достигать 3 - 6

м/с. Этот метод очень прост и применяется в тех случаях, когда дебит восстанавливается на длительный срок (несколько суток). Однако этому методу присущи такие недостатки, как неполное удаление жидкости с забоя; возрастающая депрессия на пласт, приводящая к интенсивному поступлению новых порций воды, разрушению пласта, образованию песчаной пробки; загрязнение окружающей среды и невозвратные потери газа. Кроме того, этот способ невозможно применять постоянно и при большом количестве точек, требующих одновременной продувки [9].

Удалять воду можно также за счёт регулирования режима работы ДКС. В [10] осуществляется кратковременное прекращение добычи газа на промысле посредством переключения ДКС на холостой ход («разгрузка на кольцо») с последующим включением ее в штатный режим работы и подачей добываемого газа в магистральный газопровод. За период остановки промысла в соединительных трубопроводах образуются жидкостные пробки на пониженных участках трассы, а жидкость в стволах скважин скапливается на забое, частично поглощаясь в пласт. Последующее достаточно быстрое переключение ДКС на работу в газопровод приводит к выносу (удалению) жидкой фазы из скважин и соединительных трубопроводов. Недостатком этого способа является то, что для его осуществления требуется кратковременная полная остановка ДКС с последующим резким запуском на полную мощность, причем эта операция повторяется достаточно часто. Так, например, для месторождения «Медвежье» требуется полная остановка ДКС на 10 минут с периодичностью 1 раз в сутки [3, 10]. Однако остановки шлейфов и скважин в зимний период чреваты замерзанием жидкости, скопившейся в шлейфах. Кроме того, в настоящее время на месторождениях, находящихся на завершающем этапе эксплуатации, производится объединение газовых промыслов (ГП), при котором газ с одних ГП окончательно компримируется на других. В этом случае даже кратковременная остановка одного ГП может привести к остановке всего узла.

С помощью ДКС можно также создавать линию пониженного давления, на которую периодически переключаются шлейфы, на которых в текущий момент возникают проблемы с избыточным обводнением [11]. Однако в этом случае, хотя полной остановки ДКС не происходит, все равно приходится менять режим работы всей станции, что с технологической точки зрения нежелательно. На сеноманских ДКС Уренгойского НГКМ существует опыт удаления воды из шлейфов путем периодического понижения входного давления. В этом случае давление понижается одновременно для всего фонда скважин и во всей газосборной сети. Однако создать контролируемое, необходимое по величине и по времени воздействие именно на проблемном участке данный способ не позволяет, а скорее больше воздействует в тех местах, где такое воздействие нежелательно.

**Цель исследования.** Как показывает анализ

литературных источников, принцип удаления жидкости, лежащий в основе метода продувки и подразумевающий создание в системе, локальных перепадов давлений необходимой величины, является на сегодняшний день наиболее действенным.

На Уренгойском месторождении есть опыт эксплуатации низконапорных валанжинских скважин путем постоянной или периодической подачи с них газа в шлейфы, которые эксплуатируются при более низких давлениях, чем основная часть газосборной сети. Прием газа с этих шлейфов на УКПГ производится на выделенные низконапорные технологические нитки в обход общего коллектора ЗПА. Дополнительный перепад для шлейфов с низкими параметрами обеспечивается за счёт эжекции, при этом подразумевается, что энергии основного потока газа достаточно для обеспечения работы низконапорного коллектора.

В случае сеноманских залежей энергии для выноса жидкости уже явно не достаёт во всём контуре, потому создание подобной низконапорной нитки требует использования дополнительных технических средств, включенных в систему автоматического контроля процессом продувки шлейфов.

Цель данного исследования – разработка системы, позволяющей автоматически удалять жидкость из низконапорных скважин и газосборных коллекторов.

**Основные исследования.** Сущность предлагаемой технологии заключается в дистанционно-управляемом ограничении дебита высокопродуктивных скважин на период продувки задавившихся скважин через шлейф. Реализация этой технологии возможна за счёт маломощной компрессорной установки, позволяющей периодически, по мере накопления проблем на тех или иных участках ГСС, производить их продувку. Обязательным условием является наличие системы контроля и автоматического управления такими протяжёнными объектами, как ГСК, поскольку без обратной связи контролировать воздействие исполнительного механизма (компрессора) на удалённый объект (скважину или шлейф) невозможно.

Линия пониженного давления создаётся за счёт винтового безмасленного компрессора (группы компрессоров) относительно малой производительности (20-30 тыс.  $\text{м}^3$  в час), который в состоянии в широком диапазоне обеспечить понижение давления, достаточное для выноса жидкости со скважин и проблемных участков шлейфа.

Для оценки возможности внедрения подобной схемы на сеноманских УКПГ были проведены промысловые испытания по продувке сеноманской скважины через газосборный трубопровод на УКПГ, в которых работа компрессора моделировалась при помощи горизонтальной факельной установки (ГФУ). Система телеметрии термобарических параметров скважин и шлейфа построена на основе регистраторов технологических параметров РТП-4 с повышенной разрешающей способностью и минимальной погрешностью измерений (0,05% от шкалы измерения давления), предназначенных

для максимально точного измерения малых перепадов давлений (до 0,0003 ата) на фоне относительно высоких (до 18 ата) абсолютных давлений.

Испытания работы скважин были проведены на кусте № 510 УКПГ-5. Выбор данного промысла обусловлен наличием горизонтальной факельной установки, с помощью которой возможно моделировать работу куста скважин и газосборного коллектора при низких давлениях, т.е. имитировать работу маломощного компрессора. Шлейф куста № 510 имеет протяженность 3552 м и диаметр 325 мм. На этом кусте находятся три скважины №№ 5101, 5102, 5103. Куст № 510 был выбран по причине эксплуатации скважин с осложнениями, на нем происходили частые остановки скважин, как правило, в зимний период. При этом скважины куста № 510 продувались по 5-6 раз месяц.

Изменение перепада давления между скважинами и ЗПА носит синхронный характер для всех скважин куста, так как зависит от давления на ЗПА и гидравлического сопротивления шлейфа, которое может изменяться при изменении расхода газа в трубопроводе и образовании в нем ледяных пробок. Продувки скважин не позволяют окончательно за-

мёрзнуть шлейфу в силу того, что выброс накопившегося столба жидкости приводит к снижению устьевого давления и временному увеличению расхода скважин. Проведенные исследования показали, что периодичность нарастаний устьевых давлений и перепадов по шлейфу составляет 3-6 суток, амплитуда изменений перепада при этом меняется в пределах 0,7 – 1,2 ата. Рост перепада давления между кустом скважины и ЗПА свыше 0,4 ата свидетельствует о начале образования льдоотложений. Основной перепад (в пределах 0,25-0,3 ата из 0,4 ата) приходится на участок от устья скважин до кустового коллектора.

На рис. 1 показана схема испытаний продувки шлейфа через газосборный коллектор на факел УКПГ, моделирующая продувку с помощью компрессора. Газ со скважин № 5101 и № 5102 поступал в газосборный коллектор от куста № 510 до УКПГ-5. Для скважины № 5103 предусматривалась работа в шлейф с замером расхода газа с помощью накладного ультразвукового расходомера. Регулировка давления в системе «скважины – газосборный коллектор – ЗПА» осуществлялась с помощью штуцера, расположенного перед факелом УКПГ.

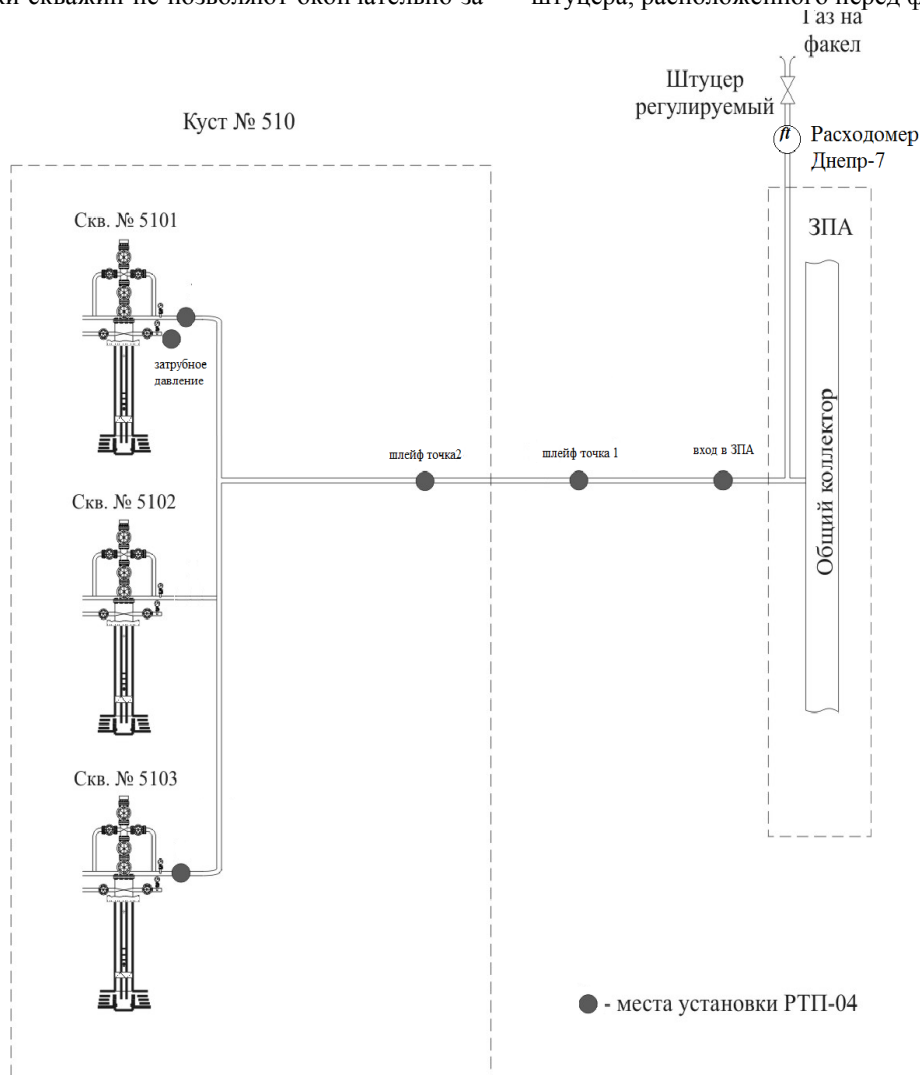


Рисунок 1. Схема испытаний продувки шлейфа через газосборный коллектор на факел УКПГ

Для контроля термобарических параметров на устье скважин, на трубопроводе куста после смешения потоков газа от скважин и на газосборном коллекторе были установлены регистраторы технологических параметров РТП-4. На газосборном коллекторе РТП-4 были установлены в начале трубопровода, в пониженном участке трубопровода, где происходит накопление жидкости, и в конце трубопровода перед ЗПА.

Повышение обводненности газа вплоть до задувания имитировалось закрытием скважины и закачкой в нее 1000 м<sup>3</sup> 15%-ного воднометанольного раствора. После открытия скважины она не восстановила работу.

Перед началом продувки через шлейф давление на устье скважины было практически равно давлению на ЗПА УКПГ. Шлейф куста скважин № 510 был переведен на работу через факельный коллектор ЗПА, в результате чего давление в конце шлейфа снизилось и скважина № 510 начала свою работу. При продувке скважины через шлейф на

первом этапе отмечается понижение давления на ЗПА на 1,1 ата по сравнению с первоначальным. На скважине № 5101 произошло снижение давления на 0,6 ата до 13 ата.

В дальнейшем по мере выноса жидкости из скважины произошло увеличение давления на факельном коллекторе ЗПА до 14,1 ата, а на скважине до 14,5 ата.

Таким образом, проведенные промысловые испытания продувки скважины № 5101 через шлейф на ГФУ показали возможность производить продувки скважин и шлейфов с помощью маломощного компрессора, т.к. с точки зрения создаваемых перепадов давления его работа аналогична ГФУ. Работоспособность задавленной скважины была восстановлена в течение часа.

**Практическая значимость результатов исследований.** На рис. 2 показана предлагаемая схема автоматического удаления жидкости из низконапорных скважин, шлейфов и газосборных коллекторов.

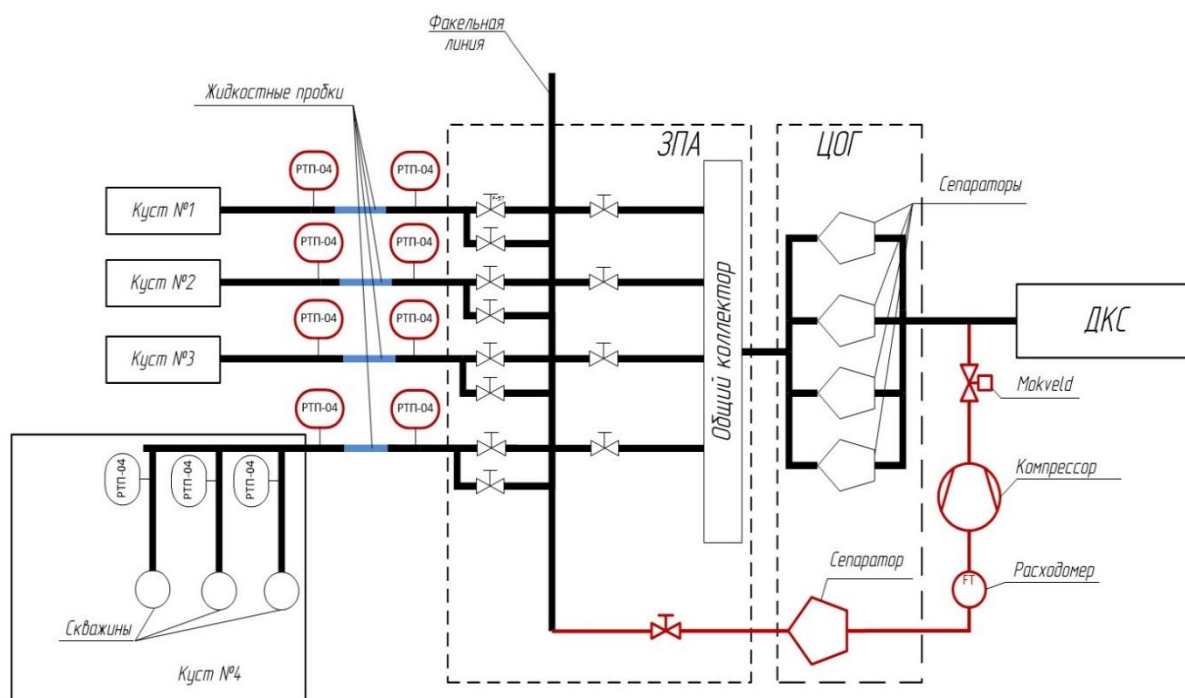


Рисунок 2. Схема автоматического удаления жидкости из низконапорных скважин, шлейфов и газосборных коллекторов

Продукция скважин по шлейфам поступает в общий коллектор ЗПА УКПГ. Шлейф куста скважин, на котором необходимо провести удаление жидкости из скважины (скважин) или необходимо проведение исследования скважины, подключается к факельной линии. Как видно на рис. 2, такая возможность имеется для всех кустов скважин, так как на ЗПА перед факельной линией и после нее каждый шлейф оборудован задвижками.

Из общего коллектора газ в зависимости от УКПГ направляется в цех очистки газа (ЦОГ) или технологический цех (ТЦ) осушки газа. По факельной линии газ с куста скважин, на котором производится продувка скважины (скважин) или их ис-

следование, будет поступать с помощью проложенных трубопроводов в резервное сепарационное оборудование ЦОГ или ТЦ. После сепаратора газ через расходомер подается на маломощный компрессор, на котором давление будет увеличиваться до уровня давления газа перед 1-й ступенью сеноманской ДКС.

Для обеспечения возможности продувки одной скважины из нескольких скважин куста на них устанавливаются ограничители расхода газа.

#### Выводы.

Продувка скважин через газосборный коллектор с подачей газа на УКПГ, осуществляемая с помощью дополнительного компрессора малой мощ-

ности, является эффективным способом восстановления работоспособности скважин. Этот процесс занимает примерно один час, при этом газ не поступает в атмосферу. Это улучшает как экономические показатели предприятия, так и экологическую обстановку на промысле.

Схема подачи низконапорного газа при удалении жидкости из скважин и газосборных коллекторов использует существующую обвязку факельной линии и общего коллектора ЗПА, позволяющую направлять газ низконапорного куста в факельную линию, из которой возможно направить газ по проложенным трубопроводам на сепарацию и компримирование до уровня давления на входе в 1-ю ступень сеноманской ДКС.

Для компримирования газа для куста из пяти скважин достаточно использовать компрессоры мощностью от 500 до 750 кВт. Для них рекомендуется электрический привод, который может обеспечить широкий диапазон по расходу компримируемого газа.

#### Список литературы:

1. Ротов А.А. Основные технические решения по предотвращению накопления жидкости в газосборных сетях /А.А. Ротов, В.А. Сулейманов, В.А. Истомина, Т.В. Чельцова, Р.А. Митницкий // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2015. № 3 (23). С. 109-115.
2. Прахова М.Ю., Краснов А.Н., Хорошавина Е.А. Способ диагностирования обводненности газовых скважин //Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2016. Т. 3. № 3. С. 19-26.
3. Скоробогач М.А. Проблемы эксплуатации системы сбора газа на месторождении Медвежье / М.А. Скоробогач // Технологии нефти и газа. – 2011. – № 6. – С. 42–47.
4. Корякин А.Ю. Актуальные вопросы завершающей стадии разработки основных базовых месторождений ООО «Газпром добыча Уренгой». Переход к ликвидационным работам и порядок их проведения / А.Ю. Корякин, О.А. Николаев, В.Ф. Гузов и др. // Приоритетные направления развития Уренгойского комплекса: сб. науч. тр. – М.: Недра, 2013. – С. 58–62.
5. Булейко В.М. Технология очистки шлейфов скважин с использованием гелевых поршней / В.М. Булейко, В.В. Булейко, В.В. Салюков // Разработка месторождений углеводородов: сб. науч. тр. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2008. – С. 290–297.
6. Способ удаления жидкости из газовых скважин и шлейфов // Патент РФ № 2017941. 1994 / Минигулов Р.М., Шадрин В.И.
7. Miguel Angel. Liquid Loading Process In Gas Wells. URL: <http://www.ingenieriadepetroleo.com/liquid-loading-process-gas-wells.html> (Дата обращения 12.12.2018).
8. Коловертнов Г.Ю., Краснов А.Н., Прахова М.Ю., Хорошавина Е.А. Инновационная технология эксплуатации газосборных коллекторов в условиях Крайнего Севера. Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 4. С. 12-17.
9. Коловертнов Г.Ю., Краснов А.Н., Кузнецов Ю.С., Прахова М.Ю., Федоров С.Н., Хорошавина Е.А. Автоматизация процесса удаления жидкости из газовых скважин и шлейфов // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2015. № 9. С.70-76.
10. Способ эксплуатации скважин и системы сбора газа в компрессорный период разработки газовых и газоконденсатных месторождений // Патент РФ № 2346147 / Астафьев Е. Н., Байдин И. И., Истомина В. А., Максимчук А. Ю.
11. Способ эксплуатации газового промысла при коллекторно-лучевой организации схемы сбора на завершающей стадии разработки месторождения // Патент РФ № 2597390. 2016. Бюл. № 25 / Коловертнов Г.Ю., Краснов А.Н., Федоров С.Н., Прахова М.Ю., Хорошавина Е.А., Щербинин С.В.

---

**AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS WITH LOW ENERGY CONSUMPTION**

---

**Krasnov A. N.,***Candidate of technical sciences, associated Professor,  
Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)***Prakhova M. U.,***Associated Professor,  
USPTU***Khoroshavina E.A.***Candidate of technical sciences, associated Professor,  
USPTU*

---

---

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ**

---

**Краснов Андрей Николаевич,***Канд. техн. наук, доцент**Уфимский государственный нефтяной технический университет (УГНТУ)***Прахова Марина Юрьевна***Доцент УГНТУ***Хорошавина Елена Александровна***Канд. техн. наук, доцент УГНТУ*

---

**SUMMARY:** The article deals with the various compression algorithms of measurement data used in automatic control systems of technological parameters. The analysis is conducted in terms of power consumption. This is very important when using such systems in gas wells located in the Far North. As the selection criterion of the compression algorithm, the maximum duration of the registration of the technological process parameters was taken. According to the results of field research, the method of combined linear interpolation-extrapolation was chosen for recording pressure values, and the method of combined step interpolation-extrapolation for recording the temperature values.

**АННОТАЦИЯ:** В статье анализируются различные алгоритмы сжатия измерительных данных, применяемые в автоматических системах контроля технологических параметров, с точки зрения уровня энергопотребления. Это очень актуально при использовании таких систем на газовых скважинах месторождений, расположенных на Крайнем Севере. В качестве критерия выбора алгоритма сжатия принята максимальная длительность регистрации параметров технологического процесса. По результатам проведенных промышленных исследований для регистрации значений давления выбран метод совмещенной линейной интерполяции-экстраполяции, а температуры – метод совмещенной ступенчатой интерполяции-экстраполяции.

**Keywords:** power consumption, work resource, data compression, parameter registration duration, interpolation, extrapolation

**Ключевые слова:** энергопотребление, ресурс работы, сжатие данных, длительность регистрации параметра, интерполяция, экстраполяция.

**Постановка проблемы.** Эффективное управление разработкой любого газового месторождения возможно при наличии системы оптимального управления всеми объектами месторождения (самим пластом, эксплуатационными скважинами, технологическими системами промысла) как единым целым. Такая система управления состоит из ряда локальных подсистем, в частности, она обязательно включает автоматическую систему контроля режимов эксплуатации каждой скважины (дебит газа, обводненность, давление, температура, состояние забоя и т.п.).

Отсутствие систем постоянного энергоснабжения на газовых месторождениях не позволяет использовать там для контроля скважинных параметров традиционные информационно-измерительные системы (ИИС). Вместо них используются ИИС с автономным источником питания, или автономные ИИС (АИИС). В качестве таких источников пита-

ния чаще всего используются литий-тионил хлоридные батареи, имеющие ограниченные ресурсы работы и, соответственно, ограниченное время регистрации измеряемых величин, что влечет за собой следующее ограничение – по выбору алгоритмов функционирования АИИС [1]. Задачей исследования является анализ энергопотребления аппаратной реализации алгоритмов вычислительных операций, в основе которых лежат различные методы сжатия исходных данных, с целью выработки практических рекомендаций. В качестве критерия выбора алгоритма сжатия предлагается принять максимальную длительность регистрации параметров технологического процесса. Это связано с тем, что аппаратура для исследования газовых скважин должна автономно проводить комплексные измерения в течение продолжительного периода времени в суровых климатических условиях.

**Анализ последних исследований и публикаций.**

Задачи выбора оптимальных алгоритмов функционирования отдельных элементов АИИС, обработки и передачи измерительной информации рассматриваются во многих работах, например [2 – 9]. В качестве критериев выбора могут быть приняты точность восстановления на выходе системы исходного измерительного сообщения от источника (датчика), степень сжатия передаваемых данных для повышения эффективности использования каналов связи, минимальное энергопотребление и другие.

В [9] отмечается, что при использовании циклической дискретизации даже правильный выбор частоты опроса датчика приводит к избыточности данных и к неоправданному расходу ресурсов питания АИИС на регистрацию сообщений, не несущих в себе информации. Это происходит вследствие того, что жесткий цикл коммутации не учитывает динамических свойств контролируемых параметров, в результате чего количество передаваемой для хранения информации одинаково как для медленно, так и для быстро меняющихся параметров. Устранение избыточности данных приводит к появлению резервов энергии автономного источника питания ИИС, что, в свою очередь, допускает более длительное использование автономной системы без замены источника питания. Поэтому в [10] предлагается использовать адаптивное представление измерительного сообщения, при котором его объем на последовательных интервалах представления автоматически изменяется с учетом свойств сообщения таким образом, чтобы при заданной допустимой погрешности представления он был минимальным.

Конечной целью регистрации любого процесса является получение оценок функций, описывающих изменение измеряемых параметров во времени. Адаптация измерительного сообщения может проводиться по числу координат на интервале представления и (или) длине этого интервала или по объему каждой передаваемой координаты. В АИИС, где измерительные процессы имеют, как правило, сравнительно небольшой динамический

диапазон значений, а требования к точности вы-соки, целесообразно использовать только методы сжатия по числу координат, построенные на основе представления отсчетами [7]. Из двух типов – по числу координат (степени полинома) на фиксированном интервале представления и по длине интервала представления при фиксированной степени полинома – наибольшее распространение получили алгоритмы второго типа [10].

Необходимо отметить, что при всей значимости проблемы сжатия данных при передаче измерительной информации до сих пор отсутствуют четкие критерии, которые бы позволили всесторонне оценить технический и экономический эффект от применения того или иного метода. В качестве критериев эффективности полиномиального сжатия предлагались следующие оценки [3 – 6]:

коэффициент сжатия – отношение объемов сообщений до и после сжатия при выбранном методе и заданной допустимой погрешности дискретного представления;

показатель эффективности представления сообщений – отношение минимально достижимого объема сообщений к объему сообщений до сжатия при выбранном методе и заданной допустимой погрешности дискретного представления;

1) коэффициент сложности алгоритма, оцениваемый, например, количеством вычислительных операций на отсчет;

2) время задержки сообщения, которое в общем случае складывается из времени накопления отсчетов в оперативной памяти системы и времени вычисления координат;

3) показатель помехоустойчивости, характеризующий чувствительность сообщений к искажениям координат, и ряд других.

С точки зрения оценки энергоэффективности применения алгоритмов сжатия все перечисленные характеристики являются неполными.

#### **Теоретическая часть исследования.**

Структурная схема АИИС для исследования газовых скважин представлена на рисунке 1.

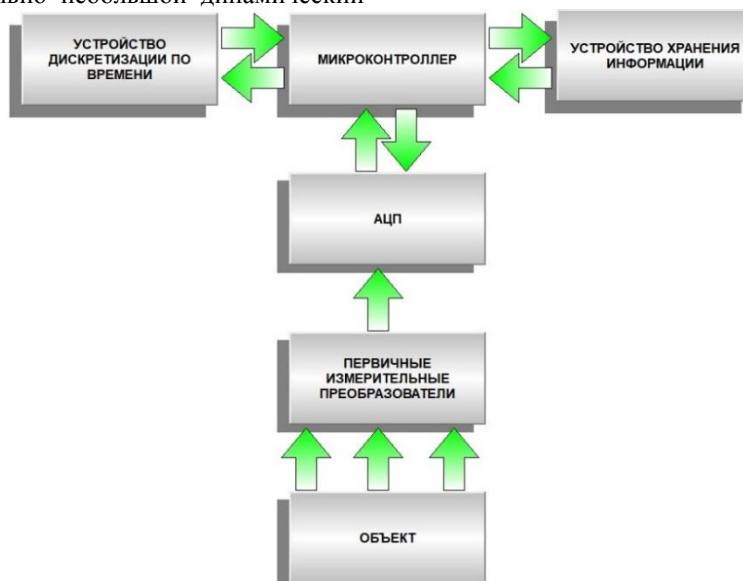


Рисунок 1. Структурная схема АИИС для исследования газовых скважин



Все компоненты этой АИИС в процессе работы потребляют энергию. Различие между отдельными компонентами состоит в том, что у некоторых из них энергопотребление зависит от используемого алгоритма преобразования и передачи измерительной информации, а у других определяется только их техническими характеристиками и поэтому не может быть оптимизировано. К первой группе относятся АЦП, микроконтроллер, устройство хранения информации, а ко второй – например, устройство дискретизации по времени.

Основная задача АИИС – регистрация в устройстве хранения некоторого сообщения, так называемого кадра. Такими сообщениями, регистрируемыми в памяти системы и представляющими собой конечный результат обработки измерительных данных, могут быть ординаты контролируемого процесса в узлах интерполяции; коэффициенты аппроксимирующего ряда; математические величины, специфичные для определенного метода представления информации; различная служебная информация. В зависимости от того, какие конкретно алгоритмы используются при создании кадра, длительность работы АИИС и, как следствие, энергопотребление системы будет различным. Для минимизации энергопотребления необходимо оптимизировать алгоритм работы всех элементов, образующих информационный тракт системы.

Энергопотребление каждого из алгоритмов вычислительных операций и алгоритмов управления АИИС, участвующих в создании кадра, можно выразить следующим образом:

$$Q_i^* = t_i * I_{МК} + Q_i \quad (1)$$

$$Q_j = t_j * I_{МК} \quad (2)$$

где  $Q_i^*$  – энергопотребление, затрачиваемое на реализацию алгоритма управления  $i$ -ым узлом информационного тракта системы;

$Q_i$  – энергопотребление  $i$ -го узла информационного тракта системы за время выполнения алгоритма управления этим узлом;

$Q_j$  – энергопотребление микроконтроллера, затрачиваемое на реализацию  $j$ -го вычислительного алгоритма обработки измерительной информации;

$t_i$  – общее время выполнения программы управления  $i$ -ым узлом информационного тракта системы;

$t_j$  – общее время выполнения программы  $j$ -го вычислительного алгоритма обработки измерительной информации;

$I_{МК}$  – ток потребления микроконтроллера в рабочем режиме.

В соответствии с выбранным методом представления измерительной информации, для создания одного кадра может потребоваться неоднократное выполнение каждого из алгоритмов вычислительных операций и алгоритмов управления АИИС. Предположим, что в программе реализуется алгоритм сжатия, основанный на использовании полинома Ньютона первой степени. При этом кадр

формируется из двух значений ординат контролируемого процесса в узлах интерполяции (так называемые существенные ординаты, используемые при восстановлении контролируемого процесса) и двух значений времени, соответствующих узлам интерполяции (существенных узлов). В этом случае для создания одного кадра алгоритм записи в устройство хранения информации необходимо будет повторить четыре раза [1].

Кроме того, при любом виде представления сообщения необходимо выполнение алгоритмов инициализации регистров самого микроконтроллера, алгоритмов, реализующих протоколы общения микроконтроллера с АЦП и с устройством хранения сообщений.

Проведем анализ затрат энергии на реализацию алгоритма функционирования АИИС, в которой сжатие информации реализуется на основе формулы Ньютона [10].

Для восстановления любого сообщения на приемной стороне необходима время-адресная информация, а именно временная привязка символов сжатого сообщения, показатели количества членов разложения в зависимости от принятого алгоритма сжатия, способа восстановления и способа передачи. При этом речь идет не об избыточной информации, которая вносится при последующем кодировании для повышения достоверности передачи, а лишь об информации, требуемой для восстановления исходной функции. Время-адресную информацию часто называют служебной. Предположим, что кадр формируется из значений ординат контролируемого процесса в узлах интерполяции и значения счетчика шагов дискретизации на интервале аппроксимации.

В качестве алгоритмов управления выделим следующие:

- 1) алгоритм инициализации регистров микроконтроллера;
- 2) алгоритм снятия отсчета, реализующий протокол общения микроконтроллера с АЦП;
- 3) алгоритм регистрации данных, реализующий протокол общения с устройством хранения сообщений.

Проанализируем энергопотребление для их реализации при создании одного кадра.

Очевидно, что, независимо от метода представления измерительной информации, наличие алгоритма инициализации регистров микроконтроллера обязательно. Энергопотребление для его реализации при создании одного кадра для любых методов сжатия данных можно представить в виде

$$Q_{МК} = t_{МК} I_{МК} \quad (3)$$

где  $t_{МК}$  – общее время выполнения алгоритма инициализации регистров микроконтроллера.

Энергопотребление при снятии измерительных отсчетов для создания одного кадра составит

$$Q_{АЦП}^{кадр} = (t_{АЦП} I_{МК} + Q_{АЦП}) m \quad (4)$$

где  $t_{АЦП}$  – общее время выполнения алгоритма, реализующего протокол общения микроконтроллера и АЦП;

$Q_{АЦП}$  – энергопотребление АЦП, его тактового

генератора и первичного преобразователя за время выполнения алгоритма, реализующего протокол общения микроконтроллера и АЦП;

$m$  – число опросов контролируемого параметра на интервале аппроксимации.

Энергопотребление для реализации протокола общения микроконтроллера с устройством хранения информации при создании одного кадра составит

$$Q_X^{кадр} = 2(n+1)t_X I_{МК} + Q_X \quad (5)$$

где  $t_X$  – общее время выполнения алгоритма, реализующего протокол общения микроконтроллера и устройства хранения информации;

$Q_X$  – энергопотребление устройства хранения информации за время выполнения алгоритма, реализующего протокол общения микроконтроллера и устройства хранения информации;

$n$  – степень интерполирующего полинома.

При этом необходимо отметить, что выражение (5) записано для случая, когда размеры кодовых слов существенных ординат контролируемого процесса и существенных узлов совпадают. В этом случае для регистрации значений ординат в узлах интерполяции потребуется  $(n+1)$  раз выполнить алгоритм записи в устройство хранения и еще  $(n+1)$  раз – для записи значений существенных узлов на интервале аппроксимации.

Энергопотребление для реализации вычислительных алгоритмов при создании кадра зависит от степени интерполирующего полинома  $n$  и от числа опросов контролируемого параметра на интервале

$$t_{\Sigma} = t_{МК} + mt_{АЦП} + 2(n+1)t_X + 4m(n+1)t_{сл.} + nmt_{ум.} + nt_{дел.} \quad (10)$$

В остальное время микроконтроллер целесообразно использовать в режиме «sleep». Потребление микроконтроллера при этом значительно ниже, и для упрощения расчетов им можно пренебречь.

Таким образом, энергопотребление при реализации алгоритма функционирования АИИС можно выразить формулой:

$$Q_{кадр} = I_{МК} t_{\Sigma} + mQ_{АЦП} + 2(n+1)Q_X \quad (11)$$

при регулярной дискретизации, когда в кадре регистрируются только значения ординат контролируемого процесса, переменная  $m$  принимает единичное, а  $n$  – нулевое значение.

#### **Практическая значимость исследования.**

Чтобы сравнить алгоритмы функционирования АИИС с различными методами сжатия данных по энергопотреблению, рассмотрим затраты энергии на реализацию каждого из рассматриваемых алгоритмов на интервале дискретизации  $\Delta t$ . Для этого разделим полученные по формуле (11) значения  $Q_{кадр}$  на соответствующее число шагов на интервале аппроксимации:

$$Q_{\Delta t} = \frac{I_{МК} t_{\Sigma} + mQ_{АЦП} + (n+2)Q_X}{m} \quad (12)$$

Проанализируем полученное выражение. Известно, что увеличение степени интерполирующего полинома  $n$  позволяет добиваться более высоких

аппроксимации  $m$ . В этом случае однотипные алгоритмы можно объединить в один.

Тогда энергопотребление для реализации вычислительной операции сложения (вычитания) составит

$$Q_{сл.} = 4n(m+1)t_{сл.} I_{МК} \quad (6)$$

где  $t_{сл.}$  – время выполнения алгоритма вычислительной операции сложения (вычитания).

Энергопотребление для реализации вычислительной операции умножения составит

$$Q_{ум.} = nmt_{ум.} I_{МК} \quad (7)$$

где  $t_{ум.}$  – время выполнения алгоритма вычислительной операции умножения.

Энергопотребление для реализации вычислительной операции деления составит

$$Q_{дел.} = nt_{дел.} I_{МК} \quad (8)$$

где  $t_{дел.}$  – время выполнения алгоритма вычислительной операции деления.

Время создания одного кадра зависит от длительности шага дискретизации  $\Delta t$  и числа опросов контролируемого параметра на интервале аппроксимации  $m$

$$t_{кадр} = m\Delta t \quad (9)$$

С учетом формул расчета количества операций для реализации адаптивного алгоритма, основанного на использовании формулы Ньютона [9], время потребления рабочего тока микроконтроллера при создании одного кадра составит

$$t_{\Sigma} = t_{МК} + mt_{АЦП} + 2(n+1)t_X + 4m(n+1)t_{сл.} + nmt_{ум.} + nt_{дел.} \quad (10)$$

коэффициентов сжатия или, другими словами, ведет к увеличению числа опросов контролируемого параметра  $m$  на интервале аппроксимации и снижению энергозатрат на регистрацию данных. Однако при этом возрастает число вычислительных операций при обработке данных, и, следовательно, увеличивается время потребления рабочего тока микроконтроллера.

Следует отметить, что при сравнении методов сжатия данных значение  $t_{МК}$  в (12) можно не учитывать, поскольку алгоритм инициализации регистров микроконтроллера от принятого метода не зависит.

Представленная методика использовалась в ходе работ по созданию системы контроля технологических параметров (СКТП) для газовых скважин, и при проектировании и разработке приборов для исследования скважин [10]. В данной системе алгоритм функционирования реализуется на базе микроконтроллера STM32 фирмы «STMicroelectronics».

На рисунках 2 и 3 приведены полученные при разработке АИИС гистограммы, показывающие зависимости энергопотребления  $Q_{\Delta t}$  на интервале дискретизации от метода сжатия данных при регистрации давления и температуры в газовой скважине соответственно. При этом число опросов  $m$ , представляемых в устройстве хранения одним сообщением, соответствует коэффициентам сжатия,

которые были получены в ходе исследований по априорным данным.

Анализ полученных гистограмм показывает, что для интерполяционных полиномов различных степеней рассмотренные методы сжатия данных по

обоим параметрам по экономичности энергопотребления располагаются в одном и том же порядке: совмещенная экстраполяция–интерполяция, интерполяция, экстраполяция.

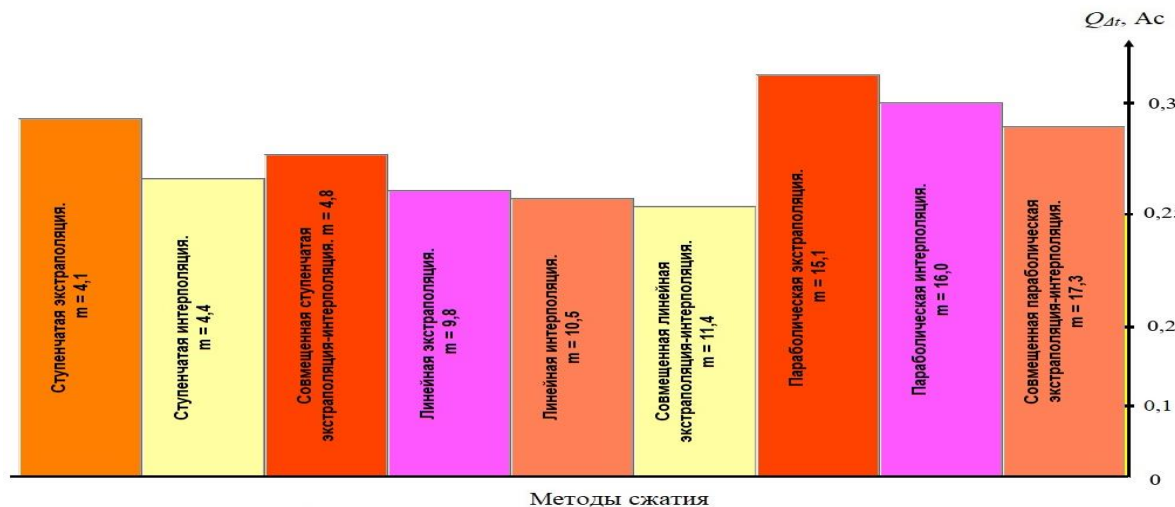


Рисунок 2. Гистограмма зависимости энергопотребления  $Q_{\Delta t}$  на интервале дискретизации от метода сжатия данных при регистрации давления в скважине

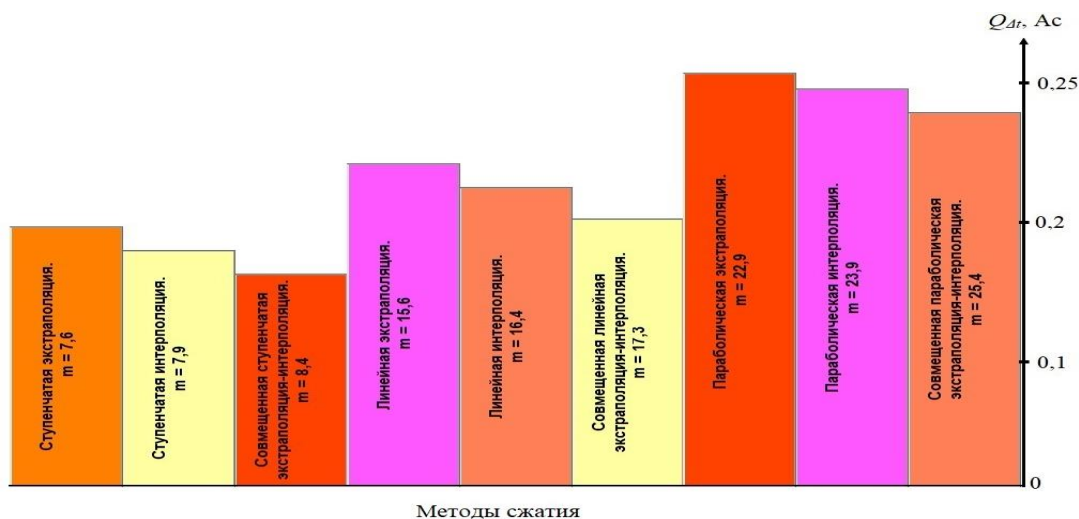


Рисунок 3. Гистограмма зависимости энергопотребления  $Q_{\Delta t}$  на интервале дискретизации от метода сжатия данных при регистрации температуры в скважине

Это означает, что коэффициенты сжатия для рассмотренных методов при исследовании различных процессов располагаются по величине, как правило, в одном и том же порядке, т. е. знаменатель в выражении (12) имеет наибольшее значение при использовании совмещенной экстраполяции-интерполяции, а наименьшее – при экстраполяции. При этом количество необходимых вычислительных операций и количество регистрируемых координат при фиксированной степени интерполяционного полинома для каждого метода будут одинаковыми. Следовательно, одинаковым будет и

энергопотребление на реализацию соответствующих алгоритмов.

Зная энергопотребление для реализации вычислительных алгоритмов при регистрации кадра, можно давать рекомендации к применению того или иного метода сжатия данных в зависимости от требуемого коэффициента сжатия. На рисунке 4 показаны зависимости энергопотребления  $Q_{\Delta t}$  на интервале дискретизации от числа опросов  $m$  на интервале аппроксимации для алгоритмов, реализующих сжатие на базе полинома Ньютона нулевой, первой и второй степеней.

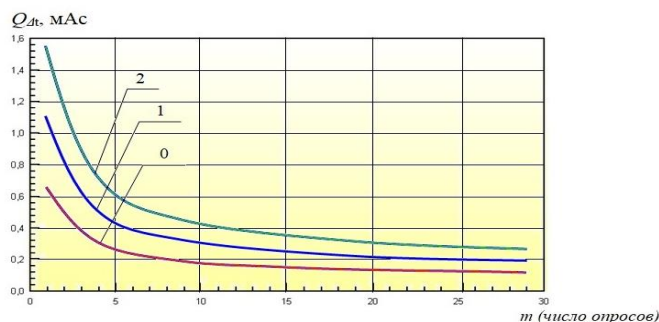


Рисунок 4. Зависимости энергопотребления  $Q_{дт}$  на интервале дискретизации от числа опросов  $t$  на интервале аппроксимации для алгоритмов, реализующих сжатие на базе полинома Ньютона нулевой (0), первой (1) и второй (2) степеней

**Выводы.** Таким образом, имея наборы программ обработки и управления, обеспечивающие минимальное время реализации алгоритма функционирования АИИС, можно выбрать метод представления кривой исследуемого процесса, обеспечивающий минимальное энергопотребление на интервале дискретизации  $Q_{дт}$ . В свою очередь, рассчитанное по выражениям (3) – (12) значение  $Q_{дт}$  позволяет определить максимальную длительность регистрации исследуемого процесса, исходя из возможностей автономного источника питания АИИС.

Так, для системы СКТП по результатам исследований, проведенных с помощью представленной методики, для регистрации значений давления был выбран метод совмещенной линейной интерполяции-экстраполяции, а для регистрации значений температуры – метод совмещенной ступенчатой интерполяции-экстраполяции. Из рисунков 2 и 3 видно, что дальнейшее увеличение степени аппроксимирующего полинома не ведет к желаемому результату, поскольку при этом энергозатраты на реализацию самого алгоритма сжатия превышают эффект, получаемый от сжатия.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что использование предлагаемой методики анализа энергопотребления отдельных алгоритмов обработки измерительной информации позволяет оптимизировать работу АИИС для исследования газовых скважин.

#### Список литературы:

1. Загитов М.Ф., Дамрин Е.С., Хатмуллин Н.Ф. Использование алгоритмов сжатия данных в автономных ИИС // Материалы международной научно-технической конференции «Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации» («Измерения – 2000»). – Пенза: изд-во ПГУ, 2000. – С. 35.
2. Kortman С.М. Redundancy Reduction – a Practical Method of Data Compression, IEEE. 1967, March, v. 55, № 3.-P.11.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 384 с.

4. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. DataCompressionMethods. Серия: Мир программирования. Издательство: Техносфера, 2004. – 368 с.

5. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на С++. Части 1-4. Анализ. Структуры данных. Сортировка. Поиск. Издательство: ДиаСофт, 2002. – 688 с.

6. David Douglas & Thomas Peucker. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature [Электронный ресурс]. — URL: <http://utpjournals.metapress.com/content/fm576770u75u7727/?genre=article&id=doi%3a10.3138%2fFM57-6770-U75U-7727> (дата обращения 14.11.2018)

7. Краморенко Е.Г., Привалов М.В. Понижение энергопотребления сенсорных сетей за счет предварительной обработки данных. Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг 2013/ Сборник материалов к IV Всеукраинской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Донецк, ДонНТУ. – 2013. – С. 364 – 369.

8. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1991. –334 с.

9. Краснов А.Н., Федоров С.Н. Система телеметрического контроля технологических параметров газоконденсатных скважин и шлейфов Уренгойского НКМ (СКТН) / В сб.: Проблемы управления и автоматизации технологических процессов и производств. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. – С. 60-65.

10. Загитов М.Ф., Краснов А.Н., Федоров С.Ф., Ахметьянов Р.Д., Щербинин С.В. Создание оптимальных алгоритмов функционирования датчиков с автономными источниками питания / В сб.: Проблемы автоматизации технологических процессов добычи, транспорта и переработки нефти и газа. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. – С. 92-95.

**АНАЛИЗ ПЕРЕКРЕСТНОГО СУБСИДИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Чугунов Дмитрий Николаевич,  
Чубаров Кирилл Михайлович,  
Солдусова Елена Олеговна,*

*Самарский государственный технический университет, г. Самара*

**АННОТАЦИЯ.** Проблема перекрёстного субсидирования в электроэнергетике до сих пор не решена и по-прежнему остаётся актуальной для большинства регионов нашей страны. В данной статье раскрывается понятие перекрёстного субсидирования, проанализирована тенденция роста объёмов перекрёстного субсидирования в электроэнергетике, опираясь на опыт прошлых лет. Предлагаются варианты решения данной проблемы, опираясь на программы экономического развития различных регионов и авторитетные мнения специалистов в этой области.

**ABSTRACT.** The problem of cross-subsidies in the electricity sector has not yet been solved and remains relevant for most regions of our country. This article reveals the concept of cross-subsidization, analyzed the tendency of growth of volumes of cross-subsidization in the electric power industry, drawing on the experience of the past years. Solutions to this problem are proposed, based on the programs of economic development of different regions and authoritative opinions of experts in this field.

**Ключевые слова:** перекрестное субсидирование, цены на электроэнергию, ценообразование, ценовые тарифы, электросетевое хозяйство, субъект электроэнергетики, территориальная сетевая организация.

**Keywords:** cross-subsidization, electricity prices, pricing, price tariffs, electric grid economy, electric power subject, territorial grid organization.

Перекрестное субсидирование в электроэнергетике – это способ социального, экономического и политического рационарирования тарифов на электроэнергию. Он предполагает, что доля платы за электроэнергию с населения и объектов социальной сферы перекладывается на производство и предприятия. Практически происходит установление цен под государственным контролем. Другими словами, поставщики электроэнергии несут расходы от населения, которое, в свою очередь, недоплачивает за услуги. Этот расход компенсируется от реализации электроэнергии промышленности и предприятиям. Это свойство ценообразования было введено в 90-х годах, в период экономического кризиса. В наши дни изжила себя, и в условиях рыночной экономики оказывается неоправданной. Объем перекрестного субсидирования влияет на ценовую политику по услугам передачи электроэнергии коммерческими организациями, которые оказывают услуги по передаче электроэнергии с использованием объектов электросетевого хозяйства, и не учитывается в тарифах на услуги по передаче электроэнергии по единой общероссийской электрической сети. Таким образом, часть сетевой составляющей в итоговой цене на электроэнергию у потребителя территориальной сетевой организации (ТСО) равна 42 %, а у потребителя магистральных сетей – 15 % [1].

В обстановке естественного роста потребления у населения происходит рост размеров перекрестного субсидирования. Это в свою очередь приводит к росту цен на услуги по передаче, распределению мощности для потребителей ТСО и формированию некорректных ценовых тарифов. К примеру, у крупных потребителей появляется необходимость приобретать собственную генерацию, что естественно создает дополнительные трудности; или все большее количество крупных потребителей вкладывается в присоединение к магистральным

электрическим сетям. Из-за ухода таких потребителей на магистральные сети меняется экономический баланс в электросетевом комплексе. Это негативно влияет на развитии малого и среднего бизнеса, так как происходит увеличение затрат на содержание распределительной региональной сетевой инфраструктуры, относящихся к оставшимся потребителям, что создает негативные экономические последствия для территориальных сетевых организаций. Имеется в виду увеличение выпадающих доходов ТСО и впоследствии рост задолженности перед кредиторами; рост величины «сглаживания» желательной валовой выручки ТСО, регулирование которых осуществляется с применением метода доходности инвестированного капитала; снижение размеров финансирования инвестиционных программ развития ТСО; неимение шанса преодолеть склонность старения основных средств электросетевого комплекса.

Перекрестное субсидирование обсуждалось давно, но в последнее время оно превратилось в реальную проблему. В 2011 году объем субсидирования был порядка 324 млрд. руб. без учета налога на добавленную стоимость, больше половины приходилось на население. В следствии развитие промышленности уменьшилось на 3,6%. Уже в 2016 году выходило за 280 млрд. руб., а в 2017-м – порядка 300 млрд. Если не начать снижать его объемы, то размеры перекрестного субсидирования через 5 лет увеличится вдвое. Перекрестное субсидирование в электроэнергетике затормаживает развитие не только энергетики, но и промышленности, а именно они доплачивают за низкие тарифы для граждан. Такая политика действует уже почти 30 лет. Например, в 1982 г. тарифы для промышленных предприятий были в 3,5 раза больше, чем для населения. В 1992 г. они стали только в 1,5 раза выше [2]. Сейчас, как правило, население имеет тариф с коэффициентом 0,8 промышленных тарифов.

В настоящее время Минэнерго усилено занимается совершенствованием системы перспективного планирования в электроэнергетике. Важно отметить, что ключевые решения в области задач перспективного развития рассматриваются исходя из технологических направлений и доступность соответствующей информационной базы в соответствующих организациях – субъектах электроэнергетики, возможности которых не позволяют им в полной мере заниматься проблемами перспективного развития.

Согласно Правилам разработки и утверждению схем и программ перспективного планирования электроэнергетики, утвержденными постановлением правительства РФ от 17 октября 2009 года № 823, Схема и программа развития ЭЭС России создается совместно с АС «СО ЭЭС» и ПАО «ФСК ЭЭС» [3].

Вдобавок основной функцией АО «СО ЭЭС» – оперативно-диспетчерское управление ЭЭС России, а основное назначение сетевых компаний – строительство и эксплуатация объектов электросетевого комплекса. Данные компании представляются технологическими и не занимаются вопросами экономического развития регионов и всей энергосистемы в целом.

Помимо этого, СО и ФСК в изолированных энергосистемах России не действуют, что мешает перенять опыт присутствующих организаций в таких энергосистемах. На основании указанных предложений 26 ноября 2016 года утвержден план разработки проектных актов в сфере совершенствования перспективного развития в электроэнергетике.

Подводя итог всему вышесказанному можно сделать вывод о том, что система перекрестного

субсидирования необходима. Однако, присутствует проблема, состоящая в том, что отмена системы в рамках всей страны должна проходить постепенно. Это связано с большими географическими масштабами страны. Нельзя говорить про то, что сложившаяся сейчас ситуация нормальна и не требует реформации, так как субъект электроэнергетики (в нашем случае потребитель) несет дополнительную нагрузку по тарификации. Реформация системы, по оценкам авторитетных экспертов может занять от 5 до 7 лет, однако даже этого времени не хватит для того, чтобы полностью избавиться от данной проблемы.

#### Список литературы:

1. Лобанова Е.В.: «Перекрестное субсидирование в электроэнергетике» В сборнике: НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых. 2014. С. 236-238.

2. Елена Восканян: «Павел Сниккарс: перекрёстное субсидирование в электросетевом комплексе необходимо ликвидировать»// Газета. [https://www.eprussia.ru/epr/329/437159.htm]. Режим доступа:// "Энергетика и промышленность России" № 21 (329) ноябрь 2017 года \Энергетика: тенденции и перспективы:

3. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 N 1178 (ред. от 19.10.2018) "О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике" (вместе с "Основными ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике", "Правилами государственного регулирования (пересмотра, применения) цен (тарифов) в электроэнергетике").

---

### ПОВЫШЕНИЕ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

---

**Татарченко Галина Олеговна**

*Докт. техн. наук. Профессор. Заведующий кафедрой строительства урбанистики и пространственного планирования, Восточно-украинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк*

**Уваров Павел Евгениевич**

*Канд. техн. наук, доцент строительства урбанистики и пространственного планирования, Восточно-украинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк*

**Белошицкая Наталья Ивановна**

*Канд. техн. наук, доцент строительства урбанистики и пространственного планирования, Восточно-украинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.54-59](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.54-59)

---

### IMPROVING THE CLASS OF ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

---

**Tatarchenko Galina**

*Doc. tech. sciences. Professor. Head of the Department of Building, Urban and Spatial Planning, East-Ukrainian National University. V. Dalia, Severodonetsk*

**Uvarov Pavel**

*Cand. tech. Sci., Associate Professor of Building, Urban and Spatial Planning, East-Ukrainian National University. V. Dalia, Severodonetsk*

**Beloshitskaya Natalia**

*Cand. tech. Sci., Associate Professor of Building, Urban and Spatial Planning, East-Ukrainian National University. V. Dalia, Severodonetsk*

**АННОТАЦИЯ:** Проведено энергетическое обследование с целью определения эффективности потребления энергоресурсов объектом (нежилым зданием), Определены основные тепловые потери, выполнен анализ фактического потребления энергоресурсов и разработаны рекомендации по повышению уровня энергоэффективности объекта. Проведено тепловизионное обследование ограждающих конструкций объекта и систем отопления. Разработан ряд энергосберегающих мероприятий, для каждого просчитаны экономические, энергетические оценки, рассчитаны стоимость внедрения и простой срок окупаемости. Мероприятия сгруппированы в различные по объему пакеты, позволяющие определить оптимальную последовательность их введения с соблюдением существующих стандартов.

**ABSTRACT:** An energy survey was conducted to determine the efficiency of energy consumption by the object (non-residential building), the main heat losses were determined, the analysis of the actual energy consumption was made, and recommendations were made to improve the energy efficiency of the object. A thermal imaging studies of the enclosing structures of the facility and heating systems was carried out. A number of energy saving measures have been developed, economic and energy estimates have been calculated for each one, the cost of implementation and a simple payback period have been calculated. The activities are grouped into various-level packages, allowing to determine the optimal sequence of their introduction in compliance with existing standards.

**Ключевые слова:** энергоаудит, энергосбережения, теплопередача, тепловизор, здания, экономия.

**Keywords:** energy audit, energy saving, heat transfer, thermal imager, buildings, economy.

**Введение.** В 70-80-х годах XX столетия наиболее важным показателем уровня развития общества и государства было количество произведенной энергии и валовой национальный продукт на душу населения страны. В настоящее время уровень развития технологии, оборудования и общества в целом характеризуются, кроме валового национального продукта на душу населения, также и показателями энергоёмкости единицы продукции по различным видам производства [7]. Они непосредственно связаны с топливно-энергетическими ресурсами страны и эффективностью их использования, уровнем развития технологии и оборудования, финансовым и экономическим благосостоянием государства [6]. Поэтому во всех высокоразвитых странах важность и необходимость принятия экстренных мер в сфере энергосбережения была осознана на уровне правительств этих государств, и поэтому ими были приняты соответствующие законодательные акты по организации и управлению энергосбережением.

#### **Постановка проблемы.**

Энергосберегающие мероприятия являются важным этапом реформирования жилищно-коммунального хозяйства и промышленности в целом, поэтому важно введение государственной экспертизы эффективного энергетического пользования [6]. Выводы ее должны быть обязательными для реализации инвестиционных и инновационных строительных проектов, модернизации, создания новой энергоёмкой техники и технологий, претендующих на государственную поддержку. Проблемам внедрения энергосберегающих мероприятий в различных хозяйственных сферах посвящено много научных работ и уделяется значительное внимание, например, уже сейчас для отдельных категорий предприятий планируется обязательная оценка энергетических потерь административного здания (энергетический аудит) [2]. Его в обязательном порядке должны будут проходить предприятия-монополисты, предприятия, претендующие на государственную поддержку, компании с долей государства более 50% и энергопотреблением более 1000 тонн условного топлива в год, а также бюджетные организации [3].

В основе решения задач энергосбережения важную роль занимает проведение своевременного, профессионального энергетического обследования объекта, однако непосредственно разработкам энергосберегающих мероприятий не уделяется должного внимания. Энергетический аудит позволяет получить объективные данные о состоянии расходования топливно-энергетических ресурсов предприятием, определить показатели энергетической эффективности и выявить потенциал энергосбережения, а также разработать меры по повышению энергетической эффективности. Главной целью энергетического аудита является поиск возможностей энергосбережения и помощи субъектам хозяйствования в определении направлений эффективного энергопотребления. Предметом энергетического аудита является системное обследование расхода топлива и энергии, анализа и выдачи рекомендаций по эффективному использованию энергоресурсов. Объектом энергетического аудита может быть любое предприятие, энергетическая установка, дом, техническая система, агрегат, потребляющий или производящий энергию. [2]

В работах многих специалистов [1,4] акцент ставится на улучшение учета потребления энергоносителей, что, конечно, важно, но недостаточно. Для учета всех факторов, влияющих на энергоэффективность строения, необходима разработка энергетических паспортов всех объектов, а также определение комплекса энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение класса эффективности строения. Поэтому, проблема выбора экономически обоснованного комплекса мероприятий повышения энергоэффективности здания на основе проведенного энергоаудита является актуальной и целесообразной.

**Цель работы** – основе экспериментально-аналитического исследования энергетического состояния административного здания и экономических расчетов потерь разработать комплексную программу энергосберегающих мероприятий по повышению энергоэффективности нежилого помещения (административного здания).

**Материалы и методы исследования.**

Методология ведения энергоаудита зависит от той информации, которую стремится получить и за которую желает платить клиент. С одной стороны, энергоаудит может быть простым обзором энергопотребления, основанным на данных счетчиков здания. С другой стороны, энергоаудит может быть комплексным и трудоемким процессом по определению и идентификации всех направлений расходов энергии и предусматривать установку нового стационарного измерительного оборудования, тестирование и измерение в течение длительного периода времени [6].

Существует множество способов проведения энергоаудита, и выбор одного из них зависит от следующих факторов: квалификации энергоаудитора; наличие измерителей (стационарных и переносных); понимание, чего требует и за что желает платить клиент.

Перед проведением энергетического обследования и подготовки энергопаспорта, следует понять: какие есть виды энергоаудита; чем они отличаются; как они влияют на сроки и стоимость.

Перед началом работы по обследованию предприятия аудиторы должны получить общее представление о предприятии, разобраться в его структуре, ознакомиться с технологическими процессами и получить перечень основного оборудования, выявить наиболее вероятные места потерь энергоресурсов, оценить заинтересованность руководства объекта в проведении энергоаудита [5].

В работе определен порядок проведения энергетического обследования здания который предусматривает следующие этапы: сбор документальной информации; обследование инженерного оборудования; инструментальное обследование; обработка и анализ полученной информации; разработка рекомендаций по энергосбережению; оформление отчета по энергетическому аудиту.

Определение площадей ограждающих конструкций проходило по поэтажным планам здания и с учетом положений ДСТУ-НБ А. 2.2-5: 2007 Проектирование. Руководство по разработке и составлению энергетического паспорта зданий при новом строительстве и реконструкции.

Все расчеты для разработки энергетического паспорта выполнены по методике ГОСТ-НБ А. 2.2-5: 2007 Проектирование. Руководство по разработке и составлению энергетического пас-

порта зданий при новом строительстве и реконструкции. Требования к тепло-техническим показателям ограждающих конструкций (теплоизоляционной оболочки) зданий и сооружений и порядка их расчета с целью обеспечения рационального использования энергетических ресурсов на обогрев, обеспечение нормативных санитарно-гигиенических параметров микроклимата помещений установлен в ДБН В 2.6-31: 2006. Конструкции домов и сооружений. Тепловая изоляция зданий.

Методические положения по выбору теплоизоляционного материала для утепления общественных зданий при капитальном ремонте (термомодернизации) устанавливает ДСТУ Б 2.6-189 Методы выбора теплоизоляционного материала для утепления зданий.

**Результаты исследований.** Выполнен энергетический аудит административного здания, представляющего собой двухэтажное сооружение с цокольным этажом. Конструктивная схема здания - бескаркасная с внешними несущими стенами, пространственная жесткость обеспечивается внутренними поперечными стенами, и стенами лестничных клеток, соединенными с внешними продольными стенами и межэтажных перекрытий. Обследуемая административное офисное здание находится в первой климатической зоне - умеренно-континентальной. Зима сравнительно мягкая, малоснежная, с пасмурной погодой. Лето теплое, в отдельные годы жаркое и засушливое. Преимущественно дневная температура воздуха 24-26 °С. Осадки выпадают в виде кратковременных ливней, редко с грозами и ветрами. Продолжительность отопительного периода 172 суток при обеспеченности  $\leq 10$  °С. Средняя температура отопительного периода -0,4 °С.

Согласно технического паспорта здания проведены расчеты теплотехнических характеристик: ограждающих конструкций, стен, окон, дверей, покрытия пола, крыши, перекрытий под балконами. Обследованы инженерные системы офисного здания: отопления, водоснабжения, вентиляции, освещения и электроприборов.

После выполнения визуального обследования офисного здания выявлено, что стены здания, перекрытия, кровля имеют категорию технического состояния, как работоспособную. Техническое состояние здания позволяет осуществлять его эксплуатацию без остановки рабочего процесса. Необходим частичный ремонт здания и проведения мероприятий по повышению энергоэффективности здания.

Результаты обследования технического состояния здания приведены в табл.1. Выявлены основные недостатки: недостаточное значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (стен, дверей, крыши, перекрытия пола, окон, цокольных стен).



Таблица 1. Тепловые затраты ограждающих конструкций

№	Параметры ограждающих конструкций								
	Наименование конструкции	Внутренняя температура $t_{в}$ , °С	Температура воздуха снаружи $t_{н}$ , °С	Разница температур $\Delta t$ , °С	Ориентация	Площадь $F$ , м <sup>2</sup>	Коэффициент		Тепловые затраты $Q_{огр}$ , Вт
							Теплопередачи, $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Теплопередачи $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
1	Стена	20	-25	45	север	137,0	1,303	1	8036
2	Стена	20	-25	45	юг	68,9	1,303	1	4039
3	Стена	20	-25	45	запад	100,2	1,303	1	5879
4	Стена	20	-25	45	восток	91,0	1,303	1	5336
5	Цокольные стены	20	-25	45	север	65,8	1,009	1	2988
6	Цокольные стены	20	-25	45	юг	32,4	1,009	1	1472
7	Цокольные стены	20	-25	45	запад	52,6	1,009	1	2389
8	Цокольные стены	20	-25	45	восток	48,3	1,009	1	2191
9	Окна	20	-25	45	север	33,8	3,125	1	4759
10	Окна	20	-25	45	юг	124,6	3,125	1	17516
11	Окна	20	-25	45	запад	67,9	3,125	1	9548
12	Окна	20	-25	45	восток	49,8	3,125	1	7000
13	Крыша	20	-25	45		361,0	2,752	0,9	40242
14	Пол на грунте	20	-5	25		364,0	0,223	0,9	1825
15	Перекрытия под балконом	20	-25	45		2,6	6,133	0,9	646
16	Двери	20	-25	45	север	8,6	4,69	1	1825
17	Двери	20	-25	45	юг	3,5	4,69	1	743
18	Двери	20	-25	45	запад	0,0	4,69	1	0
19	Двери	20	-25	45	восток	1,6	4,69	1	338
Всего									116773

Проведено тепловизионное обследование, которое предусматривает определение теплотехнических параметров конструкций, используя при этом неразрушающие и расчетные методы исследования. Оно заключается в тепловизионной съемке фасадов здания и инженер-торного оборудования, с получением инфракрасного изображения участков с температурными аномалиями (реперные зоны), где по цветам можно определить температуру на

поверхности конструкций, так же определить величину теплового потока через избранные участка площади.

Тепловизионное обследование проводилось в конце ноября, в вечернее время, при температуре наружного воздуха минус 3 °С, скорости ветра 4 м / с, т.е. погодные условия удовлетворяли проведению тепловизионного обследования.

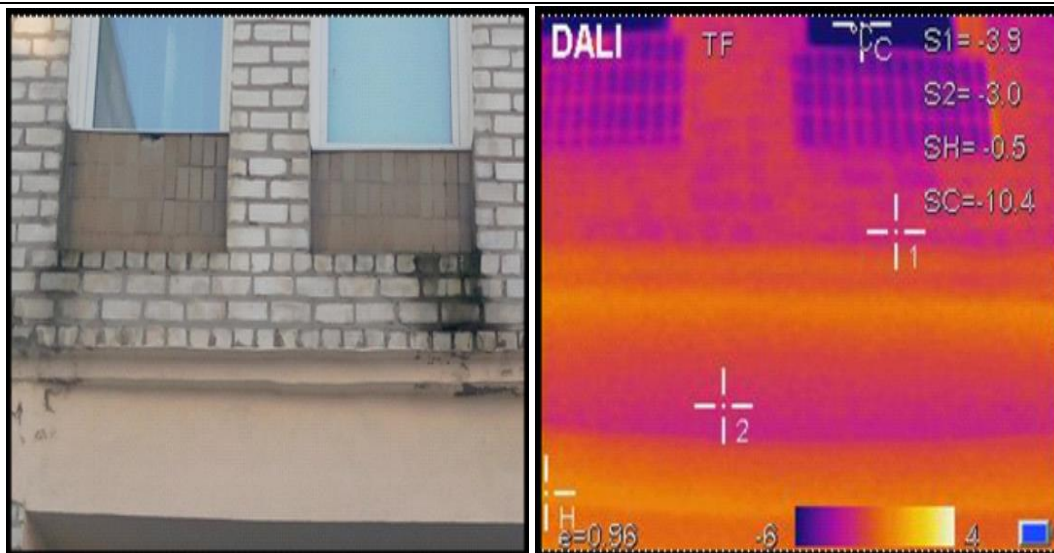


Рисунок 1. Тепловизионные обследования окон административного здания: а) фотография, б) термограмма (характерное теплопроводное включение – плита).

В ходе тепловизионного обследования были обнаружены характерные мостики холода (теплопроводные включения) связанные с: заполнения оконных проемов конструкциями, имеющими значение сопротивления теплопередачи значительно ниже нормативного (рис.1); отсутствием теплоизоляции оконных откосов, значительным образом влияет на теплозащитные свойства конструкций; использованием окон в деревянном переплете, которые имеют щели через которые происходят значительные тепловые потери; не соответствием нормативным требованиям деревянных дверных конструкций (на термограммах хорошо видно, что именно двери теряют значительное количество теплоты); крупными тепловыми потерями, происходящих из-за отсутствия теплоизоляции внешних, цокольных стен.

Для определения энергетических показателей здания и присвоения класса энергоэффективности на основании проведенных обследований был рассчитан приведенный коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки здания ДСТУ НБ А.2.2-5:2007,  $k_{пр} = 1,865 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий тепловые потери за счет инфильтрации вентиляции и представляет  $k_{инф} = 0,285 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Общий коэффициент теплопередачи здания  $K_{стр}$ , определенный по формуле:

$$K_{стр} = k_{\Sigma пр} + k_{инф} \quad (1)$$

$$K_{стр} = 1,865 + 0,285 = 2,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Максимально допустимое значение удельных тепловых потерь на отопление дома за отопительный период составляет  $E_{\max} = (230 \cdot V_h^{-1/3}) = 15,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$ .

Таким образом выполнен анализ фактического потребления энергоресурсов в административном здании обнаружил, что здание имеет класс энергоэффективности «F». Основными причинами такого положения является использование для строительства здания устаревших материалов и технологий. По проектам, здания, построенные до 2000 года должны, класс энергоэффективности F. Поэтому, актуальным будет предложить энергоэффективные мероприятия, которые не только сократят потребление тепловой энергии, но и улучшат комфортность условий пребывания в помещении. По результатам, полученным в процессе проведения энергетического аудита для административного здания, наиболее актуальными мерами для повышения энергетической эффективности являются: утепление фасада и цокольных стен; замена окон; замена дверей; утепление крыши (совмещенное покрытие); утепление перекрытий под балконами, а также модернизация системы освещения. Для этого были сформированы три пакета комплексных программ энергосберегающих мероприятий (максимальный, оптимальный и минимальный) с учетом стоимости, окупаемости и экономии выполняемых работ.

Для примера приведен максимальный пакет по повышению уровня энергоэффективности объекта табл.2, где отдельно для каждого мероприятия или проведены экономические, энергетические оценки, рассчитаны стоимость внедрения и простой срок окупаемости. Следует отметить, что в результате проведенных работ также идет снижение эмиссии  $\text{CO}_2$  до 42 тонн / год. После проведения работ по модернизации здания класс энергоэффективности административного здания будет «B», что соответствует современным европейским нормам.

Таблица 2. Максимальный пакет мер по повышению энергоэффективности здания.

Мероприятия	Годовая экономия		Стоимость, тыс. грн грн.	Срок окупаемости, год
	кВт·ч/год	тис.грн·год		
Утепление фасаду	23280	25,0	210,0	8,4
Утепление цокольных стен	8683,1	9,3	116,5	12,5
Замена окон	29916	32,1	337,6	10,5
Утепление покрытий	53547	57,5	223,8	3,9
Утепление перекрытий под балконами	301	0,3	1,2	3,8
Замена дверей	2598	2,8	19,0	6,8
Модернизация систем освещения	4014	7,6	21,2	3,0
Всего	122339	127,1	929,3	7,3

**Выводы и предложения.** На основе анализа фактического потребления энергоресурсов, расчетов теплового сопротивления ограждающих конструкций обнаружено, что установленный класс энергоэффективности нежилого здания не соответствует современным требованиям к эффективному использованию энергетических ресурсов в результате применения устаревших материалов и технологий.

По результатам энергетического состояния административного здания создан его энергетический паспорт и разработана комплексная программа энергосберегающих мероприятий по повышению энергоэффективности нежилого помещения, а именно: утепление фасада и цокольных стен; замена окон и дверей; утепление покрытия (совмещенного) утепление городов примыкания консольных конструкций (балконов); модернизация системы освещения.

Рассчитан срок окупаемости и потенциал энергосбережения комплексной программы, повышающие класс энергоэффективности административного здания до класса В. Суммарный экономический эффект от внедрения всех предложенных мероприятий - 127,1 тыс. грн. Простой срок окупаемости проекта составит 7,3 года.

#### Список литературы:

1. Кабашкин С. А. Развитие рынка энергетического аудита международный и российский опыт. Аудит: теория и практика 13(220) – 2011, С. 36-45.
2. Новосельцева О., Таткеева Р. Учебно-методическое руководство по энергетическому

экспресс-аудиту. -2014. –168 с. Режим доступа: [http://auek.kpi.ua/BOOKS/Ruk-vo\\_po\\_EnAuditu\\_CPE\\_edit4.pdf](http://auek.kpi.ua/BOOKS/Ruk-vo_po_EnAuditu_CPE_edit4.pdf)

3. Нормативна база ЕСКО. Стандарти енергоефективності в Європі і Німеччині [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journal.esco.co.ua>.

4. Передовой отечественный и зарубежный опыт в области энергосбережения и повышения энергичной эффективности. Сборник научных материалов. – М.: Национальный исследовательский технологический университет "Мисис". 2014.– 148 с.

5. Прокопенко В.О. Энергоаудит. Конспект лекций. Электронный журнал энергосервисной компании "Экологические системы" №8, август 2007 59 с. Режим доступа: [http://kaftgv.vogu35.ru/docs/economic\\_tgv/energoaudit-\(uchebnik\).pdf](http://kaftgv.vogu35.ru/docs/economic_tgv/energoaudit-(uchebnik).pdf)

6. Тиршу С. М., Зайців Д. О., Голуб В.В. Энергоаудит как инструмент энергосбережения// "Probleme energetici regionale" Revista electronică № 3(23) 2013 С. 73-78.

7. Энергетический аудит и энергетический менеджмент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://metallurgy.zp.ua/>

2018 г. Р.А. ЧЕРНЫЙ, канд.тех.наук ([roma.cherny@yandex.ru](mailto:roma.cherny@yandex.ru))

(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (Астрокосмический центр) (АКЦ ФИАН)

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СЕГМЕНТОВ В ПОЛНОДОСТУПНОЙ  
КОММУТАЦИОННОЙ СХЕМЕ С УЧЕТОМ РАЗНОРОДНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ СВЯЗИ**

*Черный Р.А.*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.60-62](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2018.1.57.60-62)

**ANALYSIS OF TREATMENT PROCESS SEGMENTS-BLOCKING SWITCHING SCHEME TAKING  
INTO ACCOUNT THE DIVERSITY OF COMMUNICATIONS CHANNELS**

**АННОТАЦИЯ:** Промышленные высокопроизводительные маршрутизаторы являются необходимыми компонентами для построения безопасных сетей в задачах удаленного управления и мониторинга промышленных объектов.

Основная функция маршрутизатора - чтение заголовков пакетов сетевых протоколов, принимаемых и буферизуемых по каждому порту, и принятие решения о дальнейшем маршруте следования пакета по его сетевому адресу, включающему номер сети и номер узла.

В данной статье рассматривается математическая модель процесса обработки сегментов в маршрутизаторе (узел коммутации).

**ANNOTATION:** Industrial high-performance routers are essential components for building secure networks for remote control and monitoring of industrial facilities.

The main function of the router is to read the packet headers of network protocols received and buffered on each port, and decide on the further route for the packet to follow its network address, including the network number and node number.

This article discusses the mathematical model of the processing of segments in the router (switching node).

**Ключевые слова:** узел коммутации, полнодоступная коммутационная схема, система линейных алгебраических уравнений.

**Keywords:** switching node, fully accessible switching scheme, system of linear algebraic equations.

### 1. Введение

Промышленные высокопроизводительные маршрутизаторы являются необходимыми компонентами для построения безопасных сетей в задачах удаленного управления и мониторинга промышленных объектов.

Маршрутизатор – это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на её основании пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения [4].

### 1.2 Модель промышленного маршрутизатора в узле коммутации с учетом разнородности направлений связи

Основная функция маршрутизатора - чтение заголовков пакетов сетевых протоколов, принимаемых и буферизуемых по каждому порту, и принятие решения о дальнейшем маршруте следования пакета по его сетевому адресу, включающему номер сети и номер узла[4].

Функции маршрутизатора могут быть разбиты на 3 уровня в соответствии с рисунком 1.



Рис. 1. Функциональная модель промышленного маршрутизатора

*Уровень интерфейсов*

Интерфейсы маршрутизатора, выполняют полный набор функций физического и канального уровней по передаче кадра, включая получение доступа к среде, формирование битовых сигналов, приём кадра, подсчёт контрольной суммы и передачу поля данных кадра верхнему уровню.

*Уровень сетевого протокола*

Сетевой протокол извлекает из пакета заголовок сетевого уровня и анализирует содержимое его полей. Проверяется контрольная сумма, и если пакет пришел поврежденным, то он отбрасывается. Проверяется время жизни пакета, вносятся корректировки в содержимое некоторых полей, пересчитывается контрольная сумма.

В случае если интенсивность поступления пакетов выше скорости обработки, пакеты могут образовать очередь. Существуют различные дисциплины обслуживания пакетов: в порядке поступления по принципу “первый пришел – первый обслужен” (First Input First Output, FIFO) случайное раннее обнаружение, когда обслуживание идет по правилу FIFO [3], но при достижении очередью определенной длины, вновь поступающие пакеты отбрасываются, а также различные варианты приоритетного обслуживания.

*Уровень протоколов маршрутизации*

Сетевые протоколы активно используют в своей работе таблицу маршрутизации, но ни её построением. Ни её поддержанием не занимаются. Эти функции выполняют протоколы маршрутизации. На основании этих протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети.

**2. Математическая модель процесса обработки неординарных потоков сегментов в узле коммутации с учетом разнородности направлений связи**

Среди множества возможных подходов к решению задачи коммутации абонентов в сетях выделяют два основополагающих [2,5]:

- коммутация каналов;
- коммутация пакетов.

Коммутаторы пакетной сети отличаются от коммутаторов каналов тем, что они имеют буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета.

В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсацию трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым наиболее эффективно использовать их для повышения пропускной способности сети в целом.

Реальные узлы коммутации (УК) строятся в виде сложных многосвязных схем, при проектировании которых решаются задачи экономного использования дорогостоящих коммутационных элементов.

В качестве примера рассмотрим УК, в который по двум портам поступают одно и двухпакетные сегменты. УК содержит два бокса памяти. Структура УК и граф состояний его ПКС представлен на рисунке 2.

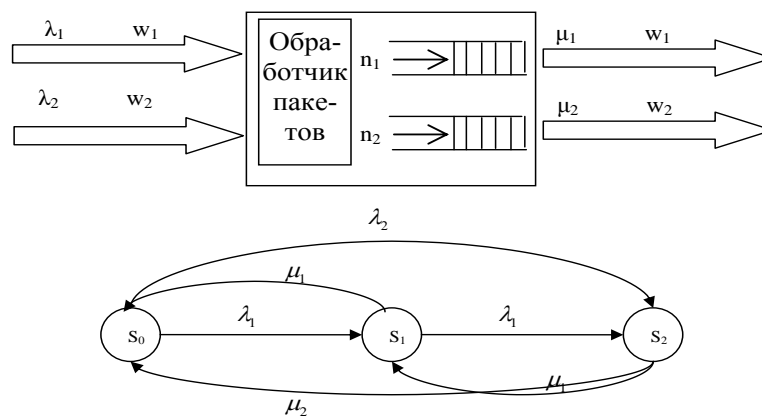


Рис. 2. Структура УК и граф состояний его ПКС

Здесь состояния:  $S_0$  - УК свободен;  $S_1$  - занят один бокс буфера;  $S_2$  - заняты два бокса буфера,  $\lambda_1$  - интенсивность с которой по одному порту поступают однопакетные сегменты,  $\lambda_2$  - интенсивность с которой по другому порту поступают двухпакетные сегменты,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  интенсивности с которыми покидают УК одно и двух пакетные сегменты соответственно. Составим СЛАУ, где

$p_0, p_1, p_2$  - вероятности состояний процесса обслуживания соответственно и определим вероятность каждого из состояний[1]:

$$(1) \begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2) p_0 - \mu_1 p_1 - \mu_2 p_2 = 0 \\ -\lambda_1 p_0 + (\lambda_1 + \mu_1) p_1 - \mu_1 p_2 = 0 \\ -\lambda_2 p_0 - \lambda_1 p_1 + (\mu_1 + \mu_2) p_2 = 0 \end{cases}$$

$$p_0 + p_1 + p_2 = 1 - \text{условие нормировки.}$$

Получилась линейная однородная система уравнений, которая имеет бесконечное множество решений, так как ранг матрицы системы меньше

числа неизвестных. Искомые вероятности  $P_0, P_1, P_2$  связаны нормировочным условием. Поэтому, если одно из уравнений линейной однородной системы заменить нормировочным условием, то система станет неоднородной системой уравнений вида:

$$(2) \begin{cases} (\lambda_1 + \lambda_2)p_0 - \mu_1 p_1 - \mu_2 p_2 = 0 \\ -\lambda_1 p_0 + (\lambda_1 + \mu_1)p_1 - \mu_1 p_2 = 0 \\ p_0 + p_1 + p_2 = 1 \end{cases}$$

Решение данной системы матричным методом будет иметь вид:  $P = A^{-1} \cdot B$ , где  $A^{-1}$  - матрица обратная к матрице системы.

Пусть:

$$A = \begin{vmatrix} \lambda_1 + \lambda_2 & -\mu_1 & -\mu_2 \\ -\lambda_1 & \lambda_1 + \mu_1 & -\mu_1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} - \text{матрица системы};$$

стемы;

$$B = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}^T - \text{вектор свободных членов};$$

$P = \begin{vmatrix} p_0 & p_1 & p_2 \end{vmatrix}^T$  - вектор искомых вероятностей.

Столбец свободных членов всегда будет иметь вид  $B = (0 \ \dots \ 0 \ 1)^T$ , поэтому искомые вероятности, всегда, будет определять последний столбец матрицы  $A^{-1}$ :

$$(3) \quad A^{-1} = \begin{vmatrix} \frac{\lambda_1 + 2\mu_1}{\alpha} & \frac{\mu_1 - \mu_2}{\alpha} & \frac{\mu_1^2 + \mu_1\mu_2 + \lambda_1\mu_2}{\alpha} \\ \frac{\lambda_1 - \mu_1}{\alpha} & \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2}{\alpha} & \frac{\lambda_1\mu_1 + \lambda_2\mu_1 + \lambda_1\mu_2}{\alpha} \\ \frac{-2\lambda_1 - \mu_1}{\alpha} & \frac{-\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2}{\alpha} & \frac{\lambda_1^2 + \lambda_1\lambda_2 + \lambda_2\mu_1}{\alpha} \end{vmatrix}$$

где  $\alpha = \mu_1(\mu_1 + \mu_2) + \lambda_1(\lambda_1 + \lambda_2) + 2(\lambda_1\mu_2 + \lambda_2\mu_1) + \lambda_1\mu_1$

Отсюда, вероятности состояний процесса обслуживания следующие:

$$P_0 = \frac{\mu_1^2 + \mu_1\mu_2 + \lambda_1\mu_2}{\mu_1(\mu_1 + \mu_2) + \lambda_1(\lambda_1 + \lambda_2) + 2(\lambda_1\mu_2 + \lambda_2\mu_1) + \lambda_1\mu_1}$$

$$P_1 = \frac{\lambda_1\mu_1 + \lambda_2\mu_1 + \lambda_1\mu_2}{\mu_1(\mu_1 + \mu_2) + \lambda_1(\lambda_1 + \lambda_2) + 2(\lambda_1\mu_2 + \lambda_2\mu_1) + \lambda_1\mu_1}$$

$$P_2 = \frac{\lambda_1^2 + \lambda_1\lambda_2 + \lambda_2\mu_1}{\mu_1(\mu_1 + \mu_2) + \lambda_1(\lambda_1 + \lambda_2) + 2(\lambda_1\mu_2 + \lambda_2\mu_1) + \lambda_1\mu_1}$$

Время пребывания пакета в очереди при дисциплине обслуживания FIFO зависит от того, в каком состоянии пребывал процесс в момент поступления очередного пакета. Отсюда среднее время пребывания пакета в узле коммутации можно найти по формуле Литтла [6]:

$$(4) \quad \bar{\tau} = \frac{\bar{j}}{\sum_{i=1}^n \mu_i}$$

где  $\bar{j} = \sum_{i=0}^n i \cdot P_i$  - среднее число пакетов в

очереди.

С учетом дисперсия времени пребывания пакета в УК имеет вид:

$$(5) \quad D\tau = \sum_{i=0}^n \frac{i^2}{\left(\sum_{i=1}^n \mu_i\right)^2} P_i(t) - \left(\frac{\bar{j}}{\sum_{i=1}^n \mu_i}\right)^2$$

Потеря пакета по причине переполнения буфера произойдет в случае, если в буфере в определенный момент времени пребывало  $i$  пакетов и поступил сегмент, содержащий больше  $n - i$  пакетов. В этом случае вероятность потери пакета можно определить по следующей формуле [6]:

$$(6) \quad P_{\text{пот}} = \sum_{i=1}^n \left( P_i \cdot \frac{\sum_{j=n-i+1}^n \lambda_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \right).$$

### 3. Заключение

В результате исследования получены формулы для определения вероятностно-временных характеристик пребывания пакета в узле коммутации и вероятности потери пакета вследствие переполнения буфера памяти узла коммутации. На этапе отладки программного обеспечения маршрутизатора, данные расчеты позволяют заложить алгоритм обработки пакетов с учетом разнородности направлений.

#### Список литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 2003. - 564 с.
2. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. - М.: Радио и связь, 1982. - 208 с.
3. Кульгин М.В. Компьютерные сети. Практика строения. Для профессионалов. 2-е издание / М.В. Кульгин. - СПб.: Питер, 2003. - 462 с.
4. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Основы сетей передачи данных. Курс лекций. Учебное пособие/Издание второе исправное/ - М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет Информационных Технологий», 2005 - 176с.
5. Столингс В. Современные компьютерные сети 2-е издание. - СПб.: Питер, 2003.- 783с.
6. Черный Р.А. Методический подход к нахождению вероятностно-временных характеристик пребывания пакетов в узле коммутации IP-сети / Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции. Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве. Сборник трудов. Часть 2. г. Протвино. 2012. с.243-245.

# ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (57)/ 2018

1 часть

Редакционная коллегия:

д.п.н., профессор Аркулин Т.В. (Москва, РФ)

Члены редакционной коллегии:

- Артафонов Вячеслав Борисович, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологического и природоресурсного права (Москва, РФ);
- Игнатьева Ирина Евгеньевна, кандидат экономических, преподаватель кафедры менеджмента (Москва, РФ);
- Кажемаев Александр Викторович, кандидат психологических, доцент кафедры финансового права (Саратов, РФ);
- Кортун Аркадий Владимирович, доктор педагогических, профессор кафедры теории государства и права (Нижний Новгород, РФ);
- Ровенская Елена Рафаиловна, доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой судебных экспертиз, директор Института судебных экспертиз (Москва, Россия);
- Селиктарова Ксения Николаевна (Москва, Россия);
- Сорновская Наталья Александровна, доктор социологических наук, профессор кафедры социологии и политологии;
- Свистун Алексей Александрович, кандидат филологических наук, доцент, советник при ректорате (Москва, Россия);
- Тюменев Дмитрий Александрович, кандидат юридических наук (Киев, Украина)
- Варкумова Елена Евгеньевна, кандидат филологических, доцент кафедры филологии (Астана, Казахстан);
- Каверин Владимир Владимирович, научный сотрудник архитектурного факультета, доцент (Минск, Белоруссия)
- Чукмаев Александр Иванович, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права (Астана, Казахстан)

Ответственный редактор

д.п.н., профессор Каркушин Дмитрий Петрович (Москва, Россия)

Художник: Косыгин В.Т

Верстка: Зарубина К.Л.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Адрес редакции:

г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия

E-mail: [info@euroasia-science.ru](mailto:info@euroasia-science.ru) ; [www.euroasia-science.ru](http://www.euroasia-science.ru)

Учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых (ЕСУ)

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии г.Москва, Лужнецкая набережная 2/4, офис №17, 119270 Россия