

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 3 (60) / 2019

3 часть

Редакционная коллегия:

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

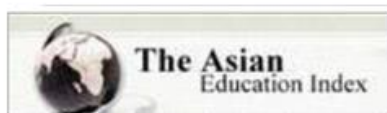
Члены редакционной коллегии:

- 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) (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: Игнатьев 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 Октябринович (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 ; 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

Nurmatov B.A. PROBLEMS OF TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF LOW-PROOF HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS	4	Паук Ю.Ю. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.	31
Абдуллаев Б., Холбутаева Х.Э., Идрисходжаева М.У. МАГНИТНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ.	5	Петров Е.Е., Бутовченко А.В., Скляров М.М. СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РЭА	34
Базеева А.В. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗДАНИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ.	9	Краснова М.Н., Рассказов А.С. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДИ С ПОМОЩЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НИКЕЛЕМ И ТЕРМООБРАБОТКОЙ	38
Байгазы Н. ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕСНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО- ДРЕНАЖНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.....	11	Теплухин В.Г., Шабалин Д.Н. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СООТНОШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ БИМЕТАЛЛТЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ	42
Бровкина Я.Ю., Шабалин Д.Н., Теплухин В.Г. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ КОНТАКТНО-ЭРОЗИОННОЙ ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ.	15	Уланов И.С., Горлов А.В. ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИИ УЧАСТКА ПЕРЕХОДНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ИССО ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ.....	46
Василевский Н.С., Муңц В.А., Стёпин С.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУБ С ПОПЕРЕЧНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ НАКАТКОЙ В УСТАНОВКАХ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ.	17	Хабибова Н.З., Москвичев С.С. ДИССИПАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ В ДИФфуЗИОННОМ БАРОМЕМБРАННОМ ПРОЦЕССЕ	55
Михальченко М.С., Гриневич А.А. АИИС КУЭ КАК ЭЛЕМЕНТ SMART GRID НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ДРСК» «АМУРСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»	21	Абдураимов Э.Х., Халманов Д.Х. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЦЕПЕЙ.	60
Мотовилов А.И., Соловьев И.И., ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КАСКАДНЫХ АВАРИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ.	27	Шапорева А.В., Кухаренко Е.В., Григоренко О.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ.....	63

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

PROBLEMS OF TECHNOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF LOW-PRESSURE HYDROTECHNICAL CONSTRUCTIONS

Nurmatov B.A.

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

(ToshDTU), Tashkent

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.4-5](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.4-5)

ANNOTATION.

This paper discusses the problems of design, construction and operation, the effective use of low-pressure hydraulic structures. The issues of preventing and mitigating emerging problems are given by the installation of modern instruments and equipment, the implementation of repair and rehabilitation works of low-pressure hydraulic structures in operation for management and effective use in the context of water scarcity.

Keywords: low-pressure hydraulic structures, soft soils, basement, reservoir, waterworks, operation, safety, standard, class, water use, water resources, geology.

Today, in our republic there are more than 4.2 million hectares of cultivated land, usually in practice, agricultural products are being harvested by artificial irrigation. About 300 large hydraulic structures are operated for irrigation of these lands, of which 56 are reservoirs with a capacity of 20 billion m³, about 65 large hydroelectric complexes and about 1,000 small hydraulic structures.

These hydraulic structures were built in the second half of the last century, and their technical condition was weakened due to the fact that they were used for a long time and did not carry out high-quality repairs. Moreover, not taking into account environmental factors during operation leads to a decrease in the reliability of hydraulic structures.

For example, the importance of this issue lies in the fact that, despite notable advances in the use of hydraulic structures, in recent years the number of shutdowns of hydraulic structures has increased, even in emergency situations, as well as in reservoirs, pumping stations and rivers. As a result, every year millions of soums are spent on their recovery.

The main reason for this phenomenon is the lack of safety assessment methods for operating hydropower facilities, which indicates the need to study this problem.

The establishment of safety criteria and risk assessment of accidents of hydraulic structures, as well as the study of defects that lead to complete or partial loss of the facility and the emergence of emergency situations, as well as the study of several options to ensure their sustainability, are a serious engineering problem.

In recent years, in the management and efficient use of water resources, one of the main problems in the context of water scarcity is the implementation of repair and restoration work on low-pressure hydraulic structures in operation, and the prevention of emerging problems through the installation of modern innovative equipment and appliances. In this regard, the Government adopted a number of decrees, orders and government programs to improve the technical condition of deteriorated hydraulic structures, especially low-pressure structures. At the same time, due to the lack of regulatory documents and methods for the design and construction of low-pressure structures in areas where

there is a high shortage of water resources, there are a number of problems. For example, from the geological point of view of previously not allowed territories, it is necessary to build new hydraulic structures. Firstly, soft soils are widespread, which do not allow building hydropower facilities in these areas, and secondly, there are no economically sound technological measures to eliminate them.

In accordance with the regulatory documents "Foundations of hydraulic structures" adopted in 1998, when designing the base of hydraulic structures, it should be considered at all stages of building solutions for strength, stability, durability and from an economic point of view of resource saving. For example, in the presence of soft soils on the basis of hydraulic structures, expensive technological methods were used, especially for classes I-II. For buildings of class III-IV, the use of such technological methods is not economically feasible, given the increase in the cost of construction. As can be seen, low-pressure hydraulic structures on soft soils and the methods of their calculation do not meet the requirements of the normative-technical documentation. Low-pressure hydraulic structures built on soft hinges are either in disrepair due to the lack of adequate measures, or their efficiency is reduced.

Despite some progress in the design, construction and operation of large hydraulic structures in the republic and the world, there are still not sufficient grounds for low-pressure hydraulic structures. It is known that low-pressure hydraulic structures erected from concrete and soil are widely used in water resources management (dam, water outlet and spillway), and their advantages: high material resources, labor costs and high cost, as well as long construction periods do not require. Most importantly, they can be built in any climatic, geological and hydrological conditions, regardless of their design.

Hydro technical practice has shown that the design principles of large hydraulic structures are improperly distributed for low-pressure hydraulic structures, which resulted in additional costs for these structures. Therefore, at present, the choice of appropriate technological methods for the design or construction of low-pressure hydraulic structures is a very complex engineering problem.

Preparation of the foundations of structures is one of the areas in which construction requires the greatest labor and material resources. According to some scientists and experts, the preparation of the foundations of structures is about 10% of the total cost of construction. In difficult engineering and geological conditions, this figure reaches up to 30%, and for concrete and reinforced concrete structures - up to 23% of the total construction cost. Working costs are 15-20%.

In the second half of the last century, in order to manage and efficiently use water resources, a number of hydraulic structures of classes III-IV on soft soils were built. Design data of hydraulic structures of III-IV class of the republic were studied and analyzed according to technological methods and methods of calculation for engineering and geological conditions of the built-up area, preparation of bases and ensuring their safety. The results of the analysis showed that in some facilities for preparing the grounds and ensuring their safety, complex and expensive technological methods were used. The author believes that at the same time, material resources and the availability of opportunities were high. At the same time, technological measures aimed at preparing grounds for design and construction and ensuring the safety of hydraulic structures on soft soils can provide optimal and cost-effective ways to ensure safety and increase the stability of the base of low-pressure hydraulic structures on soft soils. Recently, these include technological measures to alleviate the weight of concrete structures, strengthen artificially and fix chemically the base of the structure. However, it is necessary to conduct a series of experiments, field

experiments and shortcomings in existing hydrotechnical objects in order to substantiate their sufficient reliability and applicability for the implementation of such methods in practice.

Research in this direction will allow the development of effective practical measures to ensure and improve the reliability of low-pressure hydraulic structures and prevent possible emergencies.

Conclusion There is still no approved regulatory and technical documentation to ensure safety and improve sustainability, to prepare for the design or construction of low-pressure hydraulic structures. Based on the experience of hydrotechnical construction, methods for calculating the base of low-pressure hydraulic structures do not always meet the requirements of the existing standard. It is required to develop regulatory and technical documentation that takes into account calculation methods and ensure safety, increase stability, design and construction of low-pressure hydraulic structures on soft soils.

Bibliography:

1. Law of the Republic of Uzbekistan "On safety of hydraulic structures".
2. D.T. Paluanov Issues of construction of low-pressure hydraulic structures. Conference proceedings. – Tashkent 2017. – С. 497-500.
3. Paluanov D.T., Nurmatov B.A. "Investigation of the deformation system" Structure-foundation "under the action of static loads" // Bulletin of science and practice scientific journal – T. 4. №4. 2018 г. ISSN 2414-2948

УДК 621.318.783

МАГНИТНО-ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ.

*Абдуллаев Б.,
Холбутаева Х.Э.,
Идрисходжаева М.У.*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.5-8](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.5-8)

PARAMETRIC MAGNETIC-TRANSISTOR STABILIZERS OF CONSTANT VOLTAGE WITH ENHANCED ENERGY-SAVING.

*Abdullaev B.,
Kholbutaeva Kh.E.,
Idriskhodzhaeva M.U.*

В статье приводится методика повышения магнитно-транзисторных параметрических стабилизаторов постоянного напряжения. Разработаны расчетные и экспериментальные характеристики с учетом принятых допущений. Приведены схемные решения повышения коэффициента полезного действия данного устройства. Нелинейная характеристика магнитного устройства аппроксимирована с учетом его динамических характеристик кривой намагничивания.

In paper the methods of raising of parametric magnitno-transistor stabilizers of constant voltage is considered. Settlement and experimental characteristics taking into account the accepted assumptions are developed. Circuit solutions of raise of efficiency of the given device are resulted. The nonlinear characteristic of the magnetic device is approximated taking into account its dynamic characteristics of a curve of magnetization.

Ключевые слова: транзистор, сердечник, стабилизатор напряжения, преобразователь, источник постоянного тока, индуктивное сопротивление, намагничивание, выходное напряжение, активная нагрузка.

Keywords: transistor, core, voltage stabilizer, converter, DC source, inductive resistance, magnetization, output voltage, resistive load.

$$U_{BX} = i_p(r_p + r_{экн}) + w_p S \omega \frac{dB}{d\tau} \quad (1)$$

$$w_b S \omega \frac{dB}{d\tau} = i_b \cdot r_b + U_{cm} \quad (2)$$

$$i_p \cdot r_p - i_b \cdot r_b - i_g \cdot r_g = Hl \quad (3)$$

$$w_g S \omega \frac{dB}{d\tau} = i_g \cdot r_g + U_{cm} \quad (4)$$

Если допустим, что параметры базовых цепей транзисторов T_3 , T_4 , T_5 и T_6 идентичны, т.е. $w_b = w_g$; $i_b = i_g$ и $U_{cm} = \frac{H_c l}{2w_b} r_b$, то с учетом $\frac{dB}{d\tau} = \frac{\mu_{n3}}{\pi} (H - H_C)$ из системы (1) и (3) получим:

$$U_{BX} \theta_s = \left[\frac{\pi l (r_p + r_{экн})}{\mu_{n3} w_p} + \frac{2w_b^2 S \omega (r_p + r_{экн})}{r_b w_p} + w_{BX} S \omega \right] \Delta B \quad (5)$$

В момент насыщения сердечника $\Delta B = 2B_s$ тогда из (5) получим:

$$\theta_s = \frac{2B_s \left(\frac{\pi l (R_b + r_{экн})}{w_{\text{э}} w_p} + \frac{2w_b^2 S \omega (R_b + r_{экн})}{r_b w_p} + w_p S \omega \right)}{U_{BX}} \quad (6)$$

Среднее значение выходного напряжения равно:

$$U_{Hcp} = \frac{\theta_s}{\pi} U_{\text{э}} = \frac{2B_s}{\pi} \left(\frac{\pi l (R_b + r_p)}{w_{\text{э}} w_p} + \frac{w_b^2 S \omega (R_b + r_p)}{r_b w_p} + w_p S \omega \right) = K' = \text{const} \quad (7)$$

Если сопоставить выражение

$$U_{Hcp} = \frac{\theta_s}{\pi} U_{\text{э}} = \frac{2B_s}{\pi} \left(\frac{\pi l (R_b + r_p)}{w_{\text{э}} w_p} + \frac{w_b^2 S \omega (R_b + r_p)}{r_b w_p} + w_p S \omega \right) = K \text{ и (7), то можно убедиться}$$

в том, что средние значения напряжений на нагрузке схем $B = \varphi \left(H, \frac{dH}{dt}, \dots, B, \frac{dB}{dt}, \frac{d^2 B}{dt^2}, \dots \right)$ отлича-

ются лишь коэффициентами R_b и $r_{экн}$. При номинальном режиме работы стабилизаторов $R_b \gg r_{экн}$.

Пороговое значение входного напряжения, с которого начинается стабилизация выходного напряжения равно (при $\theta_s = \pi$):

$$U'_{BX \min} = \frac{2B_s l (R_b + r_{экн})}{w_{\text{э}} w_p} + \frac{8 f s w_b^2 S B_s (R_b + r_{экн})}{r_b w_p} + 4 f S w_p B_s \quad (8)$$

Если сопоставить выражения

$$U_{BX \min} = \frac{2B_s l (R_b + r_p)}{\mu_{\text{э}} w_p} + \frac{4 f S w_b^2 B_s}{w_p r_b} (R_b + r_p) + 4 f S w_p B_s$$

и (8), то следует $U'_{BX \min} < U_{BX \min}$, так как $R_b \gg r_{экн}$.

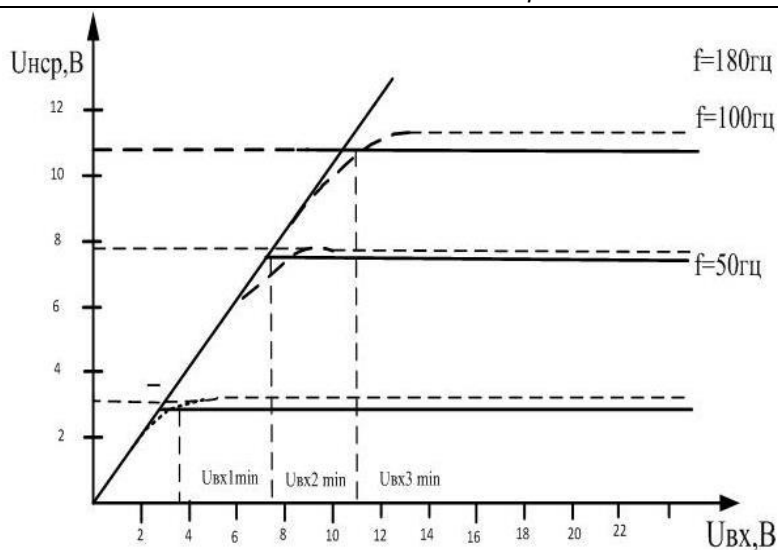


Рис.2

Статические характеристики МТПС с повышенным КПД.

Статические характеристики при различных значениях частоты преобразователя P_2 , приведены на рис. 2.

Таким образом, рассмотренное устройство является параметрическим стабилизатором магнитно-транзисторного характера управляемым частотой преобразователя.

Литература

1. Абдуллаев Б. Обобщенные модели пассивных нелинейных элементов электрических цепей и систем. "Fan va texnologiya" нашриёти, монография. 2015,-г. Ташкент. 192 с.

2. Абдуллаев Б.А., Алимов А.А., Холбутаева Х.Э. Энергетические характеристики и эквивалентные параметры нелинейной индуктивности. «Управление, качество и эффективность использования энергоресурсов», 7-Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. - г. Благовещенск. 2013. – с. 130-131.

3. Абдуллаев Б.А., Алимов А.А. Анализ феррорезонансно-полу-проводникового стабилизатора напряжения с питанием от источника постоянного тока// Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики, № 3 – Ташкент, 2000, -с. 28-31.

Базаева Алана Вадимовна*Северо – Кавказский горно – металлургический институт
(государственный технологический университет)
(Россия, Владикавказ)***АННОТАЦИЯ.**

В статье рассматриваются проблемы обеспечения сейсмостойкости, описываются расчетные схемы конструкций и анализируется работа симметричных и не симметричных зданий с учётом сейсмических воздействий.

ABSTRACT

The article deals with the problems of ensuring seismic stability, describes the design design of the structures and analyzes the operation of symmetric and non-symmetrical building taking into account the seismic effects.

Ключевые слова: сейсмостойкость, нагрузка, конструкция, усилия, элемент, симметрия, расчет

Keywords: seismic resistance, load, design, efforts, element, symmetry, payment.

Проблема проектирования строительства зданий в сейсмически опасных районах актуальна в наше время. Важным этапом стало развитие физики Земли, которое позволило понять природу землетрясений, общий прогресс техники и науки, появление новых строительных материалов и методов строительства. Можно в полной мере утверждать, что на строительные конструкции помимо обычных нагрузок действуют еще и горизонтальные, которые носят исключительно циклический характер и возникают во время колебаний земной поверхности. Для того чтобы упростить расчет, нормы рекомендуют рассматривать только действие горизонтальных сейсмических сил, направленных вдоль осей симметрии, соответствующих наибольшей и наименьшей жесткости здания.

«Проблема обеспечения сейсмостойкости объекта включает в себя различные аспекты: выбор расположения площадки строительства; детальное определение ее геологических условий; задание исходной сейсмологической информации; обеспечение сейсмостойкости сооружений за счет адекватного выбора их компоновки и конструктивных схем, достаточной точности сейсмических и прочих расчетов, надлежащего качества материалов и строительных работ; обеспечение сейсмостойкости технологического и другого оборудования и т.д.» [1, с. 5]

Производя расчет той или иной конструкции необходимо начинать с аналитической модели, или как еще ее называют - расчетной схемы, которая показывает внутренние усилия, описывает ускорение, перемещение и т.п. Для того, чтобы облегчить расчеты необходимо иметь как можно более простую модель. Это необходимо так же в связи с тем, что результат этого расчета должен быть более ясным и понятным. Однако, с другой стороны существует необходимость гарантированной точности результатов, что и должна обеспечить расчетная схема. При этом данная схема должна отражать все особенности поведения различных конструкций.

Расчетная схема при которой исключаются податливость конструкции и ее опор, является представление ее как абсолютно твердого тела на недеформируемой опоре. В случае если учет податливости необходим, то используется более сложная

схематизация в виде систем с конечным или же безграничным количеством степеней свободы. «Как известно, числом степеней ~ свободы механической системы называется количество взаимно независимых координат, однозначно определяющих ее положение в пространстве. Обычно различают дискретные и континуальные системы. Первые имеют конечное количество точек и соответственно их координат (степеней свободы). Континуальные, т.е. непрерывные (или сплошные) системы (стержни, пластинки, оболочки, объемные тела) имеют бесконечно большое число точек и степеней свободы. Движение дискретных систем описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями, а континуальных - уравнениями в частных производных.» [1, с. 7]

Осуществляя проведение упругих, а так же нелинейных расчетов параметры модели, узлы и составляющие конструкций должны быть определены верно и рационально.

При расчете конструкций с горизонтальными связями нужно обратить внимание на стыки колонн (находящихся не в уровне пола) и связевые балки. Расчет стен-диафрагм требует особого внимания в построении расчетной модели и параметры нелинейного расчета. При расчете несимметричных конструкций с большими отверстиями на фасаде здания, необходимо верно запроектировать локальные жесткие перекрытия, количества и схем распределения отверстий, с учетом размеров, а также с учетом распределения элементов жесткости, которые противодействуют горизонтальным воздействиям. Если при мощных землетрясениях перекрытие здания не имеет возможность находиться в упругом состоянии, то необходимо исследовать и создать подобающую рациональную нелинейную модель расчета. Для конструкций, которые используют демпферы, нужно верно определить отношение коэффициентов затухания здания. Когда конструктивная система довольно сложна и непросто выразить критические состояния для различных составляющих, то принимают к рассмотрению как минимум две расчетные модели с последующим сопоставлением итогов.

«При расчете на горизонтальные сейсмические воздействия необходимо предусматривать восприятие внутренних усилий в первую очередь арматурой и бетоном элементов, которые сопротивляются поперечным силам. Для симметричных или почти симметричных высотных зданий не требуется рассчитывать сейсмические воздействия двух направлений. Необходимо регулировать минимальные сейсмические воздействия на высотные здания. Если суммарные перерезывающие силы в конструкции, рассчитанные по коэффициенту сейсмических воздействий, меньше нормативных величин, то жесткость этой конструкции мала и сейсмические воздействия в основном зависят от скорости поверхности земли и ее перемещений, а не от ускорений. Если эти силы значительны, то нужно регулировать типы элементов в конструкции или схему всего здания.» [7]

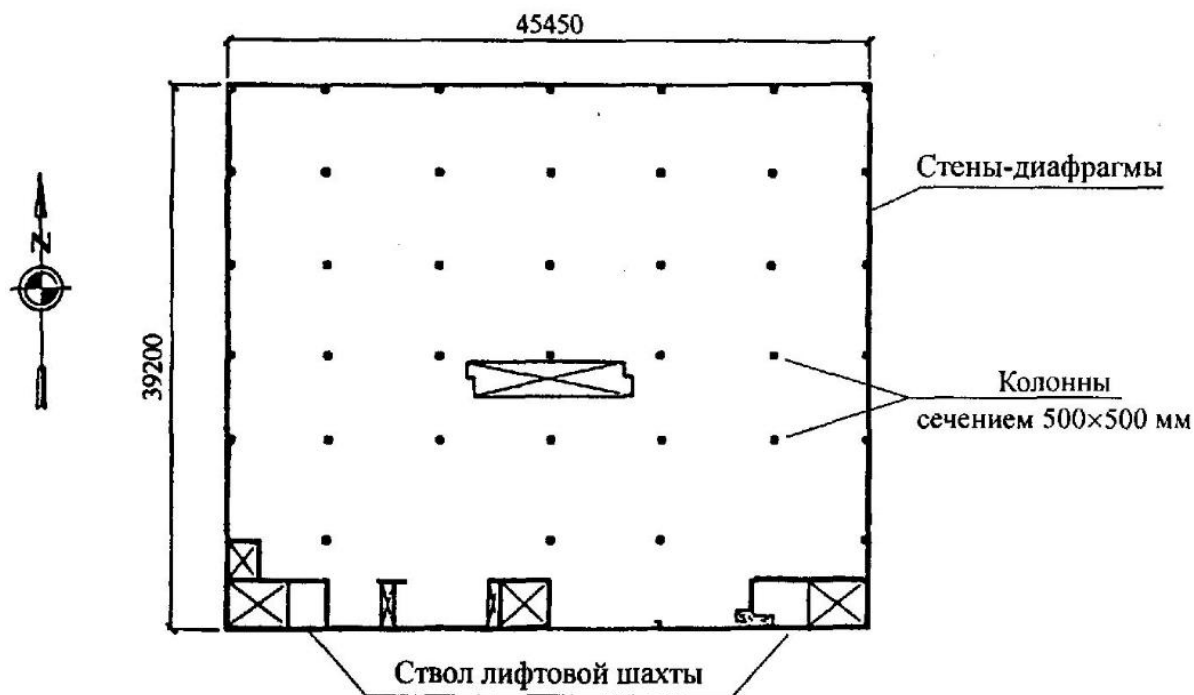
Особое внимание нужно уделять элементам, которые доводятся до фундаментов и опираются на второстепенные балки. Сейсмический эффект элементов, которые воспринимают горизонтальные силы (стена, колонны, опоры и т.д.), передается на второстепенные балки, а затем на главные балки, а дальше на вертикальные элементы, идущие до земли. При этом нужно проводить точные расчеты и принимать соответствующие конструктивные мероприятия.

Необходимо так же регулировать скачек жесткости здания (особенно поперечной жесткости). Результаты расчета соотношений жесткостей могут быть неодинаковы, вследствие этого определение скачка жесткости допускается рассчитывать различными методами. При этом учитывается угол сдвига меж примыкающими этажами, отношение суммарных площадей сечений вертикальных элементов, эквивалентные сдвиговые жесткости и т.д.

При усложненном сейсмостойком проектировании нужно проводить дополнительный расчет с использованием метода Push over. Главный посыл такого расчета - введение волны сейсмического ускорения, т.е. суммарные перерезывающие силы при сейсмических воздействиях, которые учитываются по одной волне и по спектральному методу, обязаны быть более 65%. В случае если учет ведется по многим волнам, тогда значение этих сил должно быть больше 80% (больше, чем в спектральном методе).

При сопоставлении итогов анализа нужно не только сравнить сейсмические усилия по всем этажам, поперечную силу на этаже, перемещение между этажами и контролировать сечения и арматуру элементов, но и анализировать изменения меж примыкающими этажами и найти место скачка жесткости.

Анализ историй сейсмических аварий указывает на нецелесообразность проектирования несимметричных в плане конструкций, даже при легких землетрясениях в таких зданиях возникает крутильный момент и хрупкое разрушение элементов. Со временем требования архитектурной выразительности повышаются, появляются высотные несимметричные здания, которые превышают ограничения норм СНиП по высоте. В качестве примера сейсмического повреждения здания с несимметричными в плане конструкциями рассмотрим 5-этажное офисное здание (J.C.Penney Building) в Анкоридже (США). Со стороны южного фасада расположены внутренние ядра жесткости, в которых размещены лестничные клетки и лифтовые шахты. По длине здания со стороны западного, восточного и северного фасадов запроектированы монолитные железобетонные стены-диафрагмы. Сечение колонн каркаса 500х500 мм.



Яркий пример последствий землетрясения можно наблюдать со стороны восточной и северной части здания, в которых были разрушены перегородки толщиной 100 мм, северо-восточный угол обрушен, в северной части восточного фасада опрокинута две пролетные стены-диафрагмы. Такого характера разрушения не подлежат восстановлению. Анализируя данный результат можно сделать вывод о том, что несимметричное расположение стен-диафрагм приводит к разрушению от крутильного момента. Также одним из показательных примеров повреждений здания от землетрясения с несимметричными конструкциями можно рассмотреть 12-этажный жилой дом (Тэй-Вай) с несущим железобетонным каркасом, получивший золотую медаль строительного проектирования в своё время. Но 9 баллов шкалы Рихтера обрушили несущие конструкции каркаса, что привело к невозможности восстановления здания. Результатом анализа бедствий можно сделать вывод, что для сейсмических районов рекомендуется применять в плане симметричные формы для уменьшения крутильного момента здания.

УДК.628

ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕСНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Байгазы кызы н.

*Государственный Университет строительства транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.
г. Бишкек Кыргызский*

АННОТАЦИЯ.

В данной статье рассматриваются мембранные методы опреснения воды, в которых используются мембранные процессы (ионообменные мембраны, электродиализ). Дается краткое содержание технологии обессоливания воды на электродиализном аппарате в составе комбинированной схемы следует снижение максимальной минерализацию полученного раствора и своевременное промывка (регенерационные мероприятия) и их совершенствования.

ANNOTATION.

This article discusses membrane desalination methods that use membrane processes (ion exchange membranes, electrodialysis). A brief summary of the technology of water desalination on the electrodialysis apparatus as part of a combined scheme is given followed by a reduction in the maximum salinity of the resulting solution and timely washing (regeneration) and their improvement.

Ключевые слова: коллекторно-дренажные воды, ирригация, водное хозяйство, запасы подземных вод, природные и сточные воды, регенерация катионитовых фильтров, концентрация рассола, минерализация.

Keywords: collector-drainage water, irrigation, water management, groundwater reserves, natural and wastewater, regeneration of cationite filters, brine concentration, mineralization.

В Кыргызской Республике появились проблемы, связанные с нехваткой питьевой воды для нужд населения, поливной воды для сельского хозяйства и промышленности. Требуется новые решения рационального использования воды, особенно, для эффективного использования оросительной воды в фермерских хозяйствах. Особое значение имеет возможность изыскать дополнительных водных ресурсов. Кроме того, в последние годы гидрохимическое состояние речных вод Республики Кыргызстана значительно ухудшилось.

Это происходит из-за того, что на протяжении всего бассейна, река является приемником различ-

Список использованной литературы

1. А. Н. Бирбраер - РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ; САНКТ-ПЕТЕРБУРГ "НАУКА" 1998
2. Динамический расчет зданий и сооружений / М.Ф. Барштейн, В.А. Ильичев, Б.Г. Корнев и др. М: Стройиздат, 1984.
3. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980.
4. СНиП П-7-81*. Строительство в сейсмических районах / Минстрой России. М.: ГП ЦПП, 1995.
5. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987.
6. Шебалин НЛ. Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1968. С. 95-111.
7. <http://ros-pipe.ru/tekhninfo/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/raschet-seysmostoykosti-konstruktsiy-i-usloviya-pr/>

ных загрязнений стоков, в том числе и минерализованных коллекторно-дренажных вод, стекающих с орошаемых территорий. основываясь на официальных данных Департамента водного хозяйства, было рассчитано, что только в орошаемой зоне юго-западных ирригационных районов Республики Кыргызстана в год формируется до 9,0-9,5 км³ коллекторно-дренажных вод.

Естественно, что при дефиците оросительной воды (особенно в маловодные годы) перед специалистами остро стоит вопрос повторного использования коллекторно-дренажных вод в народном хозяйстве.

На кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехническое строительство» при КГУСТА им. Н. Исанова проводились научные исследования в лаборатории по технологии обессоливания слабоминерализованных и коллекторно-дренажных стоков.

Целью научных исследований было проведение анализа динамики стока и качества подземных, поверхностных вод Кыргызской Республики, также было уделено особое внимание выявлению всех аспектов использования коллекторно-дренажных вод.

В ходе исследований были решены следующие задачи:

- проанализированы гидрохимический состав вод рек республики и запасы подземных вод Кыргызской Республики;
- исследование качества природных и сточных вод;
- исследование физико-химические свойства ионообменных мембран;
- теоретическое и экспериментальное исследование мембран;
- расчет геометрических и гидродинамических параметров рабочей камеры промышленного электродиализного аппарата;
- разработка эффективной технологии обессоливания природной воды;
- внедрение результатов исследований в производство.

Проведенные в лаборатории исследования по опытно-промышленным испытаниям серии электродиализной установки с рулонными мембранными элементами на разных типах мембран и позволили обосновать и разработать технологические схемы и конструкции установок, предназначенных для обработки подземных вод, воды поверхностных источников с содержанием взвешенных веществ до 10-15 мг/л и цветностью до 30-40 град, коллекторно-дренажной воды и кондиционирования водопроводной воды. Эта технология позволяет эксплуатировать электродиализные установки без предварительной очистки исходной воды.

Влияние на работу мембран взвешенных и коллоидных частиц при обработке поверхностных вод, также было изучено в лаборатории на кафедре «ВВиГТС». Осадки взвешенных и коллоидных частиц, содержащихся в речной воде, довольно незначительно влияют на показатели мембран.

Это подтверждалось результатами многочисленных ресурсных испытаний на необработанной речной воде, в процессе которых в мембранных аппаратах накапливался осадок взвешенных веществ. Такие осадки имеют, как правило, рыхлую структуру, что незначительно влияет на производительность мембран. Для того чтобы поддерживать показатели работы мембран в процессе их эксплуатации на заданном уровне, требуется проводить своевременные промывки (регенерационные мероприятия), в результате которых происходят растворение и удаление осадков.

В соответствии с задачами, поставленными на втором этапе исследования изучалось влияние степени концентрирования рассола на показатели процесса электродиализа (при получении рассола концентраций, пригодной для регенерации катионитовых фильтров). В таблице 1 приведены результаты указанных исследований для Н – катионированной воды хлоридного типа концентрацией 12,7 мг-экв/л ($t = 25^0$), при различной степени концентрации рассола коэффициента концентрирования «К» рассола изменялся в пределах от 1 до 31). Максимальная концентрация кислоты в рассольном тракте в процессе концентрирования достигало 1,5 % величины концентрации, пригодной для регенерации Н – катионитовых фильтров. Анализ результатов экспериментов (см. табл. 1) показал, что с увеличением градиента концентрации между рассолами и диализатными камерами, за счет явления обратного переноса ионов, происходит снижение эффективности опреснения и выхода по току η (при $K_c > b$) при одновременном возрастании удельного расхода электроэнергии W . Снижение показателей процесса электродиализа при высокой степени концентрирования рассола в рассольных камерах позволяет сделать вывод о том, что с экономической точки зрения, при работе электродиализной установки в составе комбинированной схемы следует максимально снизить минерализацию полученного раствора, что осуществимо только в случае циркуляции рассольного тракта через бак повторного использования промывных вод катионитовых фильтров (1-й способ утилизации рассола)

Таблица 1. Параметры процессов электродиализа Н – катионированной воды при различной концентрации рассола

Концентрации С, мг-экв/л				Сила тока А	Напря- жение В	α	K _С	η	Удельный рас- ход электроэнер- гии кВт/ч на 1 кг перенесенной кислоты
Диализ		Рассол							
вход	выход	вход	выход						
12,7	6,6	12,7	18,8	1,42	1,35	0,52	1,0	0,9	0,27
12,7	6,7	64,0	70,0	1,43	1,31	0,52	5,1	0,9	0,27
12,7	7,2	13,9	145,0	1,42	1,23	0,57	11,0	0,6	0,28
12,7	8,0	250,3	235,0	1,42	1,6	0,63	19,7	0,7	0,30
12,7	8,7	323,5	327,0	1,42	1,19	0,66	25,4	0,6	0,27
12,7	9,1	389,4	393,0	1,43	1,18	0,72	30,7	0,51	0,41

При этом численное значение коэффициента концентрированных рассолов K_c будет находиться в пределах от 3 до 5, что согласно данным таблицы 1 практически не скажется на параметрах процесса электродиализа.

Второй способ утилизации полученного рассола следует считать нерациональным из-за того, что 1,5 % кислоты имеет высокую агрессивность и требует хранения в специальной футерованной емкости. Кроме того, наряду с высокими энергозатратами при электродиализе объем регенерационного раствора кислоты, необходимой только для одной регенерации Н-катионитного фильтра $d = 3,4$ м согласно ориентировочных расчетов может быть получен в среднем за 5-8 часов работы электродиализной установки, производительностью $250 \text{ м}^3/\text{ч}$. Указанный вывод справедлив и для случаев опреснения N_a – катионированной воды.

По данным приведенных исследований разработана номограмма для определения рабочих параметров процесса электродиализа Н-катионирован-

ной воды, применительно к промышленным электродиализным аппаратам ED-2D-L. Указанные номограммы позволяют легко и быстро, не пользуясь расчетными формулами, определять коэффициент опреснения N – катионированной воды, рабочую плотность тока, для любых возможных расчетных случаев: качественный состав воды, ее минерализация, температура и скорость протока на рабочей камере электродиализатора, степень концентрирования K_c рассола в рассольных камерах.

Удельная электропроводность Н – катионированной воды и различных типов и ионитовых мембран МА-40 и МК-40. По данным приведенных измерений получена зависимость удельной электропроводности мембран МА-40 и МК-40 от минерализации и качественного состава Н – катионированной воды. Причем, установлено, что зависимость удельной электропроводности Н – катионированной воды от соотношения концентрации C_{SO_4} и C_{Cl} в растворе, при постоянной минерализации, имеет линейный характер.

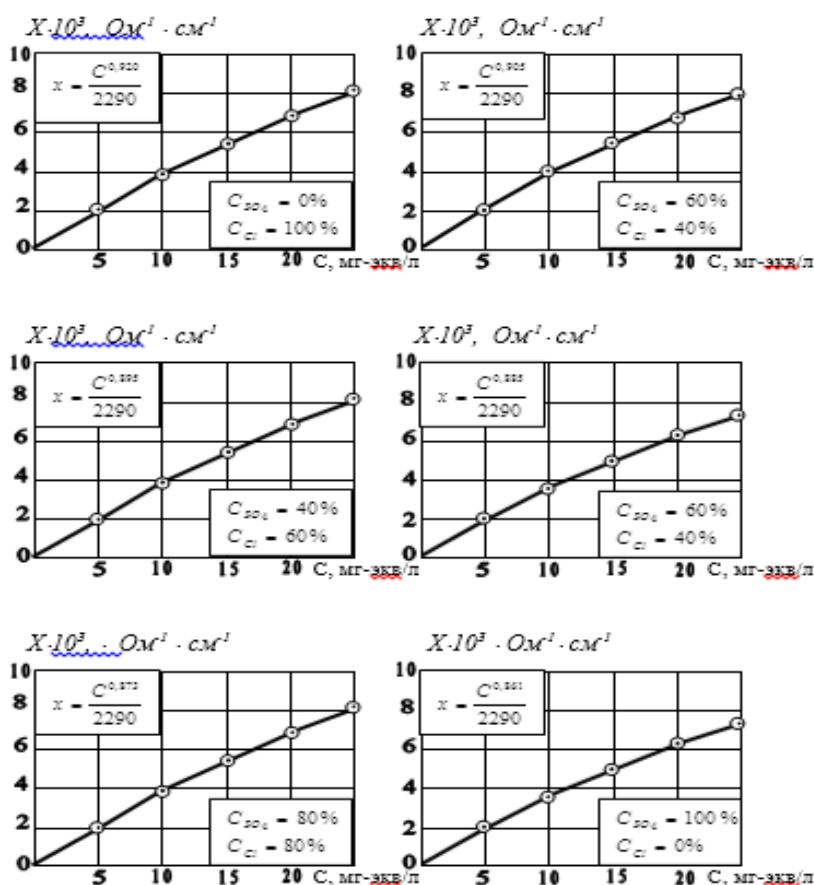


Рис. 1 Удельная электропроводность Н-катионированной воды ($t = 18^\circ\text{C}$) при различной минерализации и соотношении концентрации C_{SO_4} и C_{Cl} - результат измерения: - расчетное значения

С использованием полученных значений коэффициентов была построена номограмма для графического определения удельной электропроводности Н – катионированной воды, в зависимости от ее минерализации, качественного состава и температуры.

Очевидно, что решение этой проблемы для объектов с относительно небольшим водопотреблением. Используемых в качестве исходной поверхностную, подземную и даже коллекторно-дренажную воду, заключается в применении мембранных методов очистки. Из проработанных и опробованных к настоящему времени мембранных методов -

электродиализ является более универсальным и перспективным, так как позволяет освободиться не только, от солей и других веществ, находящихся в ионизированном состоянии, но также и от взвешенных и органических веществ, коллоидов, бактерий и вирусов. Гарантией высокого качества воды является размер пор мембран, препятствующих прохождению перечисленных веществ. При нарушении технологических режимов очистки может лишь снизиться производительность установок при сохранении требуемого эффекта очистки.

Новые технологии орошения создают возможность решения множества проблем. Эти технологии экономят до 40% оросительной воды на поле, создают водно-солевой режим, позволяющий получить урожайность сельскохозяйственных культур почти вдвое больше, дают возможность выдерживать необходимые агротехнические требования при выращивании сельхозкультур, предотвращают глубинный и поверхностный сброс воды, обеспечивают высокую равномерность водораспределения по площади поля, тем самым, одновременно, решая и проблемы улучшения мелиоративно-экологического состояния земель.

Список литературы:

1. Гребенюк В.Д. Электродиализное концентрирование имитата коллекторно-дренажных вод [Текст] / В.Д. Гребенюк, Б.К., Вейсов, Р.Д., Чебортаев и др // Журн. Прикл. Химии.-М.: 1986. №4.- С.916-918.
2. Сидько А.А. Комплексная мелиорация солончаковых и солонцовых почв при орошении.[Текст] / А.А. Сидько, С.И. Мясичев и др. – М.: 1985. –с.13-26.
3. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель [Текст] / С.Ф. Аверьянов. – М.: Колос, 1978.- 265 с.
4. Айдаров И.П. Регулирование водного солевого и питательного режима орошаемых земель [Текст] /И.П. Айдаров - М.: 1985-234 с.
5. Каримов Т.Х., Деминерализация коллекторно-дренажных вод и подземных вод Кыргызской Республики [Текст] /Т.Х. Каримов, Байгазы кызы Н. //«Наука и новые технологии» /// Материалы I съезда инженеров Кыргызской Республики.- Бишкек: 2002.-С.276-279.
6. Каримов Т.Х., Опреснение коллекторно-дренажных вод Кыргызской Республики [Текст] /Каримов Т.Х., Байгазы кызы Н. //«Горный Кыргызстан и экология» ///Материалы межвузовской конференции, посвященной 10-летию КГУСТА и Международному году гор.- Бишкек: 2002.-С.277-282.
7. Исманбаев А.И. Исследование ионообменных мембран для очистке солоноватых вод [Текст] /Исманбаев А.И., Каримов Т.Х., Байгазы кызы Н. //Вестник КГУСТА выпуск 3 (6).- Бишкек: 2004.- С.53-57
8. Каримов Т.Х. Использование гетерогенных мембран МА-40 и МК-40 для очистки минерализованных вод [Текст] /Каримов Т.Х., Сатыбалдиева Д.Ж., Байгазы кызы Н., Аскарова Н.И., Жайлоокеева А.М. //Государственное агентство по науке и интеллектуальной собственности при правительстве Кыргызской Республики (Кыргызпатент) /// Материалы научно-технической конференции по вопросу развития малых городов и поселков городского типа Кыргызской Республики (Токмок-2001 г.) Бишкек, 2002.-С.84-87.
9. Каримов Т.Х. Опреснение коллекторно-дренажных вод Кыргызской Республики [Текст] /Каримов Т.Х., Байгазы кызы Н., Абдурасулов А.И. //Пищевая технология и сервис - №4- Алматинский технологический университет, Алматы, 2007.-С.44-46.
10. Байгазы кызы Н. Технология обессоливания воды с использованием электродиализа [Текст] / Байгазы кызы Н. // Вестник КГУСТА выпуск 1 (31) Бишкек, 2011. -С.135-140.
11. Исманбаев А.И. Обессоливание и использование коллекторно-дренажных вод в Кыргызской республике [Текст] /Исманбаев А.И., Каримов Т.Х., Байгазы кызы Н. //Научный и информационный журнал «Материаловедение» ///Международной научной конференции №3/2015(10) Бишкек, 2015- С.88-91

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ КОНТАКТНО-ЭРОЗИОННОЙ ПРАВКИ
АЛМАЗНЫХ АБРАЗИВНЫХ КРУГОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ.**

Бровкина Я.Ю.*Аспирант кафедры технология машиностроения,
Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого,
Санкт-Петербург.***Шабалин Д.Н.***Канд. техн. наук, доцент кафедры технология машиностроения,
Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого,
Санкт-Петербург.***Теплухин В.Г.***Канд. техн. наук, доцент кафедры технология машиностроения,
Санкт-Петербургского политехнического университета им. Петра Великого,
Санкт-Петербург.***АННОТАЦИЯ**

В статье предложен метод для определения оптимальных режимов контактно-эрозионной правки алмазных абразивных кругов на металлической связке. Для этого на кафедре «Технология машиностроения» СПбПУ проведены исследования по правке алмазных кругов торообразной формы малого диаметра, на основе которых сделаны выводы и даны рекомендации по назначению наилучших режимов контактно-эрозионной правки кругов.

ABSTRACT

The article proposes a method for determining the optimal modes of contact-erosion correction of diamond abrasive wheels on a metal bond. To do this, the Department of "Engineering technology" Spbpu conducted research on editing diamond circles toroidal shape of small diameter, on the basis of which conclusions and recommendations for the appointment of the best modes of contact-erosion correction circles. appointment of the best modes of contact-erosion correction circles.

Ключевые слова: керамика, нитрид кремния, контактно-эрозионная правка, алмазное шлифование, торообразные шлифовальные круги, технология механической обработки.

Keywords: ceramics, silicon nitride, contact-erosion dressing, diamond grinding, toroidal grinding wheels, machining technology.

В промышленном мире детали из технической керамики получают все более широкое распространение. Их преимущество – высокая твердость, жаростойкость, малое количество операций при обработке за счет получения точных заготовок, стойкость к химическим активным средам. Механическая обработка деталей осуществляется алмазными абразивными кругами на токопроводящих связках.

Способов восстановления режущей способности таких кругов существует несколько: электрохимический, электроэрозионный, абразивно-электрохимический, абразивно-электроэрозионный [1].

На кафедре «Технология машиностроения» СПбПУ проведены исследования по правке алмазных кругов торообразной формы малого диаметра (12...18 мм) на металлической связке. Эти круги используются для обработки керамических лопаток и колес в деталях газовой турбины. Применялся электро-искровой метод правки от генератора электрических импульсов. В этом методе сущность правки состоит в выжигании связки МВ-2 за счет образования искры между электродом и кругом, продукты электрической эрозии вымываются охлаждающей жидкостью. В качестве электрода использовался медный стержень толщиной 5 мм. Инструмент приводился во вращение пневмошпинделем, закрепленным в револьверной головке токарного станка с ЧПУ 1716ПФ4. Найден оптимальные технологические режимы для правки: осевая подача круга (или электрода) S , глубина хода t ,

расход охлаждающей жидкости. Частота вращения круга в пневмошпинделе составляла $n = (40 \dots 60) \cdot 10^3$ об/мин.

В качестве критерия правки использовалась стойкостная наработка круга при шлифовании пера турбинной лопатки из нитридной керамики Si_3N_4 . По следующему алгоритму разработана математическая модель взаимодействия круга и детали, а также программа расчета:

1) Рассчитывались объемы детали и заготовки для определения объемного припуска на обработку.

2) Рассчитывалось число ходов круга для снятия припуска.

3) Получали площадь поверхности контакта круга и заготовки.

4) Аппроксимируя торовую поверхность круга (ввиду малой величины площади его контакта) конической поверхностью, получали площадь среза в зоне резания.

5) Рассчитывали основное время обработки одной лопатки, зная скорость подачи и длину обработки.

6) Вычисляли стойкостную наработку круга. За период стойкости принимали время шлифования, когда сила резания P_y возрастала в 2 раза, которую оценивали посредством измерения упругого отжатия у круга нормальном направлении от поверхности заготовки (диаметр оправки круга равен 6 мм, длина ее – 35 мм).

Аналогично описанному выше исследовали контактно—эрозионную правку (КЭП) таких же кругов. В этом методе вместо генератора импульсов использовали источник постоянного тока напряжением 36 В, применялся вышеописанный электрод. Для этого метода также найдены оптимальные режимы правки. Метод по эффективности не уступает электро-искровому.

Проведен двухуровневый многофакторный эксперимент по определению оптимальных режимов КЭП по критериям производительности правки, режущей способности круга и качества шлифованной поверхности. В результате получены эмпирические зависимости:

$$Q_{\text{пр}} = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot S^{0,69} \cdot t^2 \cdot I^{0,08} \quad (1)$$

$$Q_{\text{шл}} = 4,1 \cdot 10^{-2} \cdot S^{0,4} \cdot t^{1,1} \cdot I^{0,05} \quad (2)$$

$$Ra = 0,038 \cdot S^{0,2} \cdot t^{-0,2} \cdot I^{-0,1} \quad (3)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – производительность правки, $\text{мм}^3/\text{мин}$, S – скорость осевой подачи при правке, t – величина сближения круга и электрода после каждого прохода, I – сила тока источника постоянного тока, $Q_{\text{шл}}$ – режущая способность круга при шлифовании, Ra – шероховатость поверхности, обработанной заправленным кругом.

По итогам экспериментальных исследований был составлен алгоритм КЭП алмазных абразивных кругов на металлических связках (рис. 1).

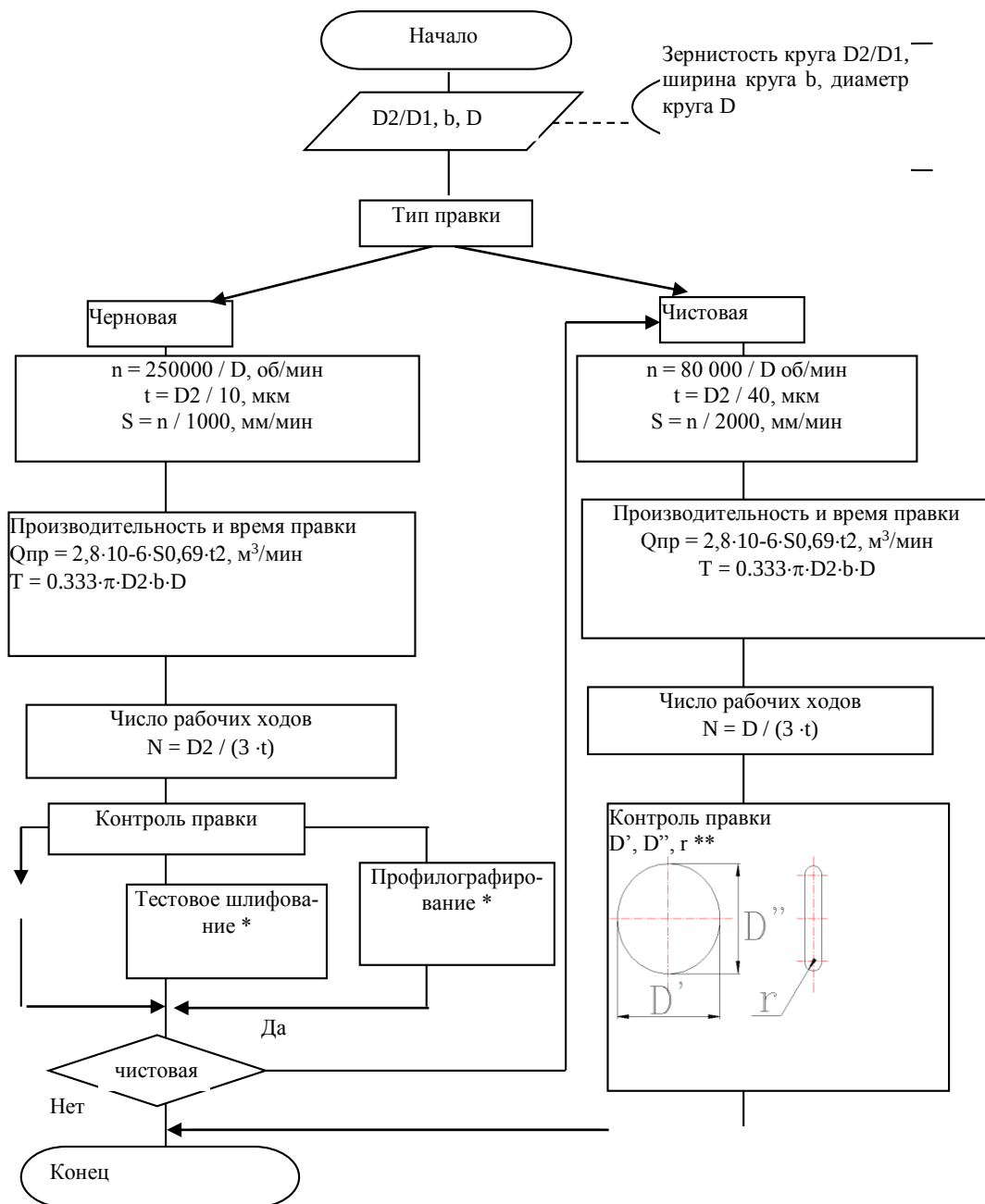


Рис. 1. Алгоритм КЭП

Некоторые варианты обработки других материалов рассмотрены в работе [2].

В результате сделаны выводы и рекомендации по проведению КЭП кругов разнообразной формы:

правка стабильно протекает в том случае, если технологические параметры составляют $S = 80...250$ мм/мин, $t = 10...40$ мкм, $I = 10...30$ А.

Для быстрого удаления связи у нового алмазного круга (вскрытия) рекомендуется выбирать следующие режимы КЭП: $v = 2...5$ м/с, $S = 200...250$ мм/мин, $t = 30...40$ мкм.

Для увеличения режущей способности круга (мм³/мин) при шлифовании и меньшей шероховатости поверхности требуется чистовая правка круга при режимах: скорость круга $v = 2...5$ м/с, скорость осевой подачи $v_o = 200...250$ мм/мин, $t = 5...15$ мкм.

Список литературы:

1 Абразавная и алмазная обработка материалов. Справочник /Под ред. проф. А.Н. Резникова - М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.

2 Quality assurance issues of hard-processing aluminum alloy parts fabrication for aircraft construction and engine-building. Kolodyazhnyi Y.Y., Lyubomudrov S.A., Makarova T.A. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. T. 11. № 14. С. 3019-3023.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУБ С ПОПЕРЕЧНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ НАКАТКОЙ В УСТАНОВКАХ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ.

Василевский Никита Сергеевич

Магистр, кафедра «Теплоэнергетики и теплотехники»,
УрФУ, г.Екатеринбург

Муц Владимир Александрович

Док. тех. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теплоэнергетики и теплотехники»,
УрФУ, г.Екатеринбург

Стёпин Сергей Максимович

Кан. тех. наук, технический директор ООО «Реиннольц Лаб»,
г.Екатеринбург

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.17-21](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.17-21)

АННОТАЦИЯ

Теплоэнергетика и другие отрасли промышленности нуждаются в производстве воды высокого качества для технологических целей. В настоящее время актуальной задачей при создании систем водоподготовки является уменьшение эксплуатационных затрат и вредного воздействия водоподготовки на окружающую среду. В связи с этим предлагается усовершенствование существующих термообессоливающих установок с помощью поперечно кольцевой накатки.

ABSTRACT

Thermal and other industries need to produce high quality water for technological purposes. Currently, the urgent task in creating water treatment systems is to reduce operating costs and the harmful effects of water treatment on the environment. In this regard, it is proposed to improve the existing thermal desalting plants using extended heat transfer.

Ключевые слова: интенсификация теплообмена, водоподготовка, развитые поверхности

Keywords: heat transfer intensification, water treatment, developed surfaces.

Постоянное ужесточение законодательства в вопросах экологической защиты делают все более актуальными вопросы уменьшения стоков и количества используемых реагентов с промышленных и энергетических предприятий.

В большинстве современных водоподготовительных установках используют технологические схемы, разработанные в первой половине XX века. Эти схемы включают такие методы как осветление, фильтрование, ионный обмен, мембранные технологии и пр., обеспечивающие высокое качество воды. Однако они обладают рядом недостатков, связанных со значительным количеством использования химических реагентов, наличием высокоминерализованных стоков, требующих обезвреживания и утилизации. Возрастающая стоимость реагентов (щелочи, кислоты), а также их количество, используемое при получении дистиллята, ставит вопрос о повышении экологической и экономической эффективности этих систем.

Получение глубокообессоленной воды (дистиллята) без увеличения вредного воздействия на

экологию возможно за счет отечественной технологии, основанной на термическом обессолировании в испарителях мгновенного вскипания (ИМВ) работающих в условиях вакуума.

Для снижения металлоёмкости конструкций ИМВ предлагается использовать развитые поверхности теплообмена, в частности трубы с поперечной кольцевой накаткой. В ступени испарения установок мгновенного вскипания необходимо охлаждать образовавшиеся водяные пары, которые конденсируются в продукт установки – дистиллят.

Достаточно высокие значения коэффициентов теплоотдачи обоих теплоносителей приводят к высокому коэффициенту теплопередачи, и относительно небольшими поверхностями нагрева. Теплообмен при конденсации определяется толщиной пограничного слоя – слоя конденсата – образовавшегося на трубках, в значительной степени уменьшающего коэффициент теплопередачи в этом процессе. Помимо пленочной конденсации возможно организация капельной конденсации в результате которой образующийся конденсат не образует

плотной пленки на поверхности трубы, как результат коэффициент теплопередачи в меньшей степени будет зависеть от слоя конденсата.

Повышение коэффициента теплопередачи за счет формирования капельного режима конденсации позволит уменьшить поверхность теплообмена, сохраняя тепловой поток, и как следствие снизить металлоёмкость конструкции и капитальные затраты на УМВ.

При конденсации на горизонтальной гладкой трубе пленка конденсата полностью закрывает поверхность теплообмена (Рис.1).

Для расчета теплообмена при конденсации со стороны конденсирующегося теплоносителя, направляемого в межтрубное пространство, можно использовать формулу [1, с. 567], полученную Нуссельтом для горизонтального цилиндра:

$$\bar{\alpha} = 0,7284 \sqrt{\frac{rg\rho_{жс}^2\lambda_{жс}^3}{\mu_{жс}(t_n - t_{ст})d}} \quad (1)$$

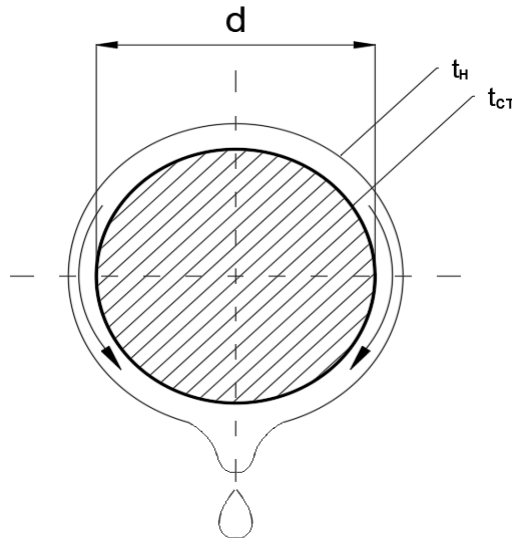


Рис.1. Пленка конденсата на горизонтальной трубе.

При расчёте коэффициента теплоотдачи теплоносителя, движущегося внутри трубок, необходимо определить режим течения жидкости [2 с. 89]. При ламинарном режиме движения жидкости в трубе ($Re < 2300$):

$$Nu = 4 \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \quad (2)$$

При турбулентном режиме течения ($Re > 10000$):

$$Nu = 0,021 Re_{жс}^{0,8} Pr_{жс}^{0,43} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \quad (3)$$

В переходных режимах приближенный расчёт можно провести по формуле:

$$Nu = A Pr_{жс}^{0,43} \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \quad (4)$$

Где $A = f(Re_{жс})$

При пленочной конденсации эффект снижения теплоотдачи на наружной поверхности труб обусловлен действием поверхностного натяжения на пленку конденсата. Чем толще и равномернее пленка конденсата, тем больше ее термическое сопротивление. Поэтому для интенсификации теплообмена снаружи труб необходима геометрия (Рис.2), которая обеспечивает срыв пленки конденсата или ее стекание в канавки с уменьшением толщины на остальных участках трубы, создавая приближение к капельной конденсации. Достигается это путем придания выступающей части трубы выпуклой формы и плавного сопряжения поверхностей канавок и выступающих частей трубы.

Если трубы размещены горизонтально, то образующаяся на них пленка конденсата стекает по наружной поверхности трубы поперек ее оси сверху вниз и внизу трубы отрывается. Наличие переменного сечения наружной поверхности трубы с плавными переходами (см. Рис.2) приводит к дополнительному стеканию конденсата в периодически размещенные канавки. Это обуславливает уменьшение толщины пленки конденсата на выступающих частях трубы, что дает уменьшение термического сопротивления между паром и стенкой и увеличивает интенсивность теплообмена.

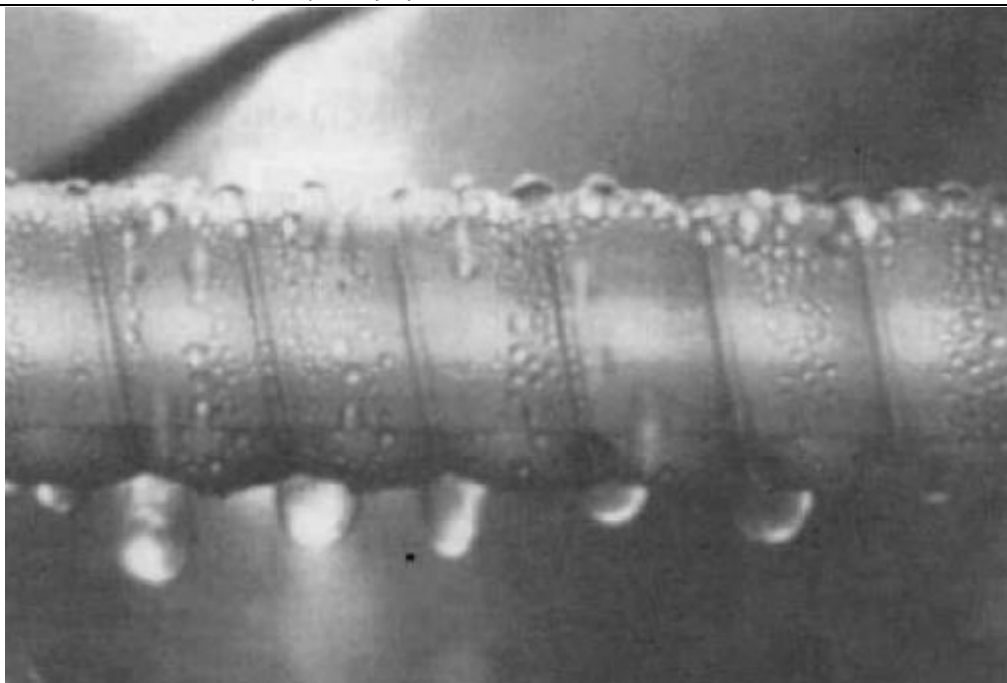


Рис.2. Капельная конденсация на поверхности труб с накаткой

Компанией ООО «Реиннольц», являющейся резидентом «Сколково», была создана установка для исследования теплообмена при конденсации пара на горизонтальных пучках труб с накаткой (Рис.3.).

Установка представляет собой бойлер, внутри которого размещен трубный пучок. Теплообменные трубы обварены и развальцованы в трубных ре-

шетках. Одна из трубных решеток жестко соединена с кожухом, вторая соединена с подвижной плавающей камерой, перемещающейся внутри кожуха под действием теплового расширения трубного пучка. С торцов кожух аппарата закрыт камерами: распределительной (для нагреваемой технологической среды) и поворотной (для размещения плавающей головки). Камеры крепятся к кожуху посредством фланцевого соединения.

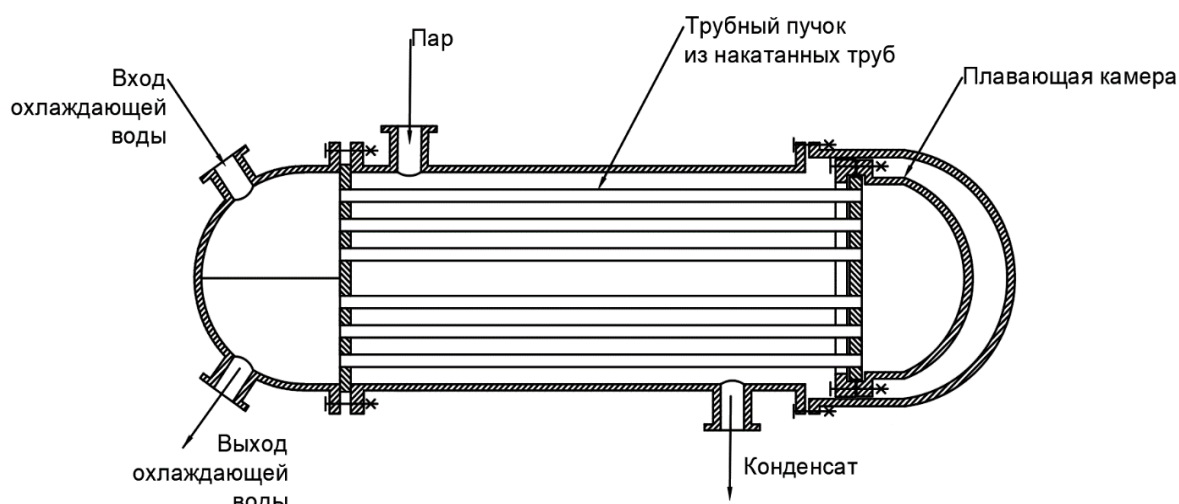


Рис. 3. Схема экспериментальной установки.

Пар из трубопровода поступает во входной штуцер межтрубного пространства, расположенный в верхней половине аппарата. Межтрубное пространство ограничено кожухом, трубными досками и наружной поверхностью труб. Направление движения пара задается лабиринтным расположением поперечных перегородок

Нагреваемая среда - вода, поступает из трубопровода во входной штуцер распределительной камеры. Распределительная камера имеет перегородку, вследствие этого среда направляется по трубкам первого хода, разворачивается в поворотной плавающей камере и движется в обратном направлении в сторону распределительной камеры.

Корпус аппарата снабжен двумя смотровыми окнами, расположенными напротив друг друга, и

служащими для визуального контроля за конденсацией пара и уровнем заполнения корпуса конденсатора.

Комплект первичных преобразователей включает в себя:

- Датчики температуры ДТС035Лl-Pt100; 4 шт;
- Температура охлаждающей воды на входе
- Температура охлаждающей воды на выходе
- Температура пара
- Температура конденсата
- Датчики давления ПД100-ДИ1,6; 5 шт.
- Давление охлаждающей воды на входе
- Давление охлаждающей воды на выходе
- Давление пара
- Давление конденсата
- Давление в кожухе
- Датчик расхода воды ЭРСВ-440Ф; 1 шт.
- Расход охлаждающей воды

Вторичные преобразователи собраны в шкаф с блоком питания. Полученные данные передавались на ПК для обработки данных.

Аппарат испытывался на режимах с расходом воды от 15 до 30 т/ч. Всего было исследовано более 10 режимов работы аппарата, отличающихся расходом воды и уровнем заполнения корпуса конденсатора. Режимы с повышенным расходом воды (25 и 30 т/ч) были продублированы.

Стабилизация каждого режима визуально отслеживалась по показаниям датчиков, выведенных на дисплей ноутбука и отображаемых в режиме реального времени.

По данным эксперимента определяли коэффициент теплопередачи. Коэффициент теплоотдачи за счет накатки увеличивается в 1,8 – 2,65 раз, причем его величина тем больше, чем больше глубина канавок, чем меньше шаг между ними и чем меньше радиус закругления выступающих частей труб R. Полученные опытные данные удовлетворительно обобщаются известной зависимостью, для расчета коэффициента теплоотдачи при конденсации на горизонтальных трубах с накаткой [3 с.283]:

$$\frac{\alpha}{\alpha_{zn}} = 2,469 \left(1 - \frac{R}{D_n} \right) \left(1 - 0,379 \frac{t}{D_n} \right) e^{3,65 \left(1 - \frac{d_n}{D_n} \right)} \quad (5)$$

Теплообмен внутри трубы, так же нельзя считать по то формулам для гладких труб. Использование накатки, являющейся одним из самых простых способов интенсификации теплоотдачи при турбулентном движении жидкости – увеличение шероховатости внутренней поверхности труб, способ-

ствует разрушению или возмущению вязкого подслоя турбулентного пограничного слоя потока, что способствует повышению теплоотдачи.

Коэффициент теплоотдачи внутри труб определяли через безразмерное число Нуссельта по соотношению [4 с. 103]:

$$Nu = Nu_0 \left\{ 1 + \left[2,64 Re^{0,036} Pr^{0,024} \left(\frac{h}{D} \right)^{0,212} \left(\frac{t}{D} \right)^{-0,21} \left(\frac{\angle a}{90} \right)^{0,29} \right]^7 \right\}^{1/7} \quad (6)$$

На Рис.5 представлен сопоставление экспериментальных значений коэффициента теплопередачи и расчетных данных. Максимальное отклонение составило - 13,3%, среднее значение отклонения -1%. Полученные данные позволяют

рассчитать эффект от использования накатанных труб в УМВ. Уменьшение поверхности теплообмена составило 58%.

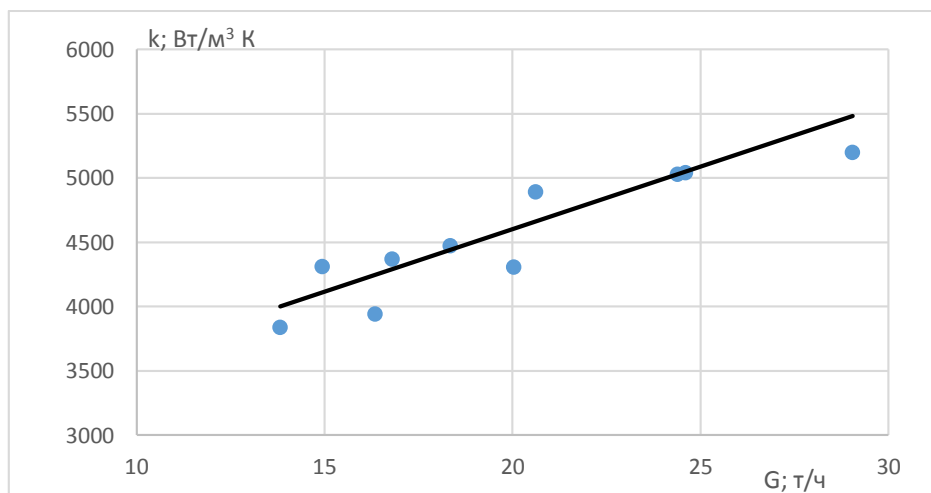


Рис. 4. Сравнение расчетных и экспериментальных значений коэффициента теплопередачи.

(линия – расчет, точки – эксперимент)

Использование накатанных труб позволяет достичь следующих результатов в ИМВ:

1. Использование коррозионностойких материалов. За счет снижения поверхности конденсатора, появляется возможность использовать более качественные материалы, без увеличения стоимости аппарата. Использование коррозионностойких сталей позволяет увеличить срок службы аппарата, не смотря на высокую агрессивность среды.

2. Снижение габаритов установки. Накатанные трубы увеличить коэффициент теплопередачи, что позволяет при тех же мощностях снизить длину труб установки, сделать более компактные ступени испарения.

Таким образом конструкция с накатанными трубами может успешно использоваться для термо-

бессоливания воды как в опреснительных установках, так и в водоподготовке для энергетических предприятий.

Список литературы:

1. Nusselt W. – Ztschr. der VDI, 1916, Bd 60 < S. 541-569.

2. Сапожников Б.Г. Тепломассообмен: учебное пособие, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 188 с.

3. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 408 с.: ил.

4. Попов, И.А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена: Интенсификация теплообмена: монография / И.А. Попов, Х.М. Махьянов, В.М. Гуреев; под общ. ред. Ю.Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с

АИИС КУЭ КАК ЭЛЕМЕНТ SMART GRID НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА АО «ДРСК» «АМУРСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ»

Максим Сергеевич Михальченко
(магистрант)

Антон Андреевич Гриневич
(магистрант)

*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.21-27](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.21-27)

АННОТАЦИЯ

В статье проанализирована работа по внедрению АИИС КУЭ как элемента Smart Grid на примере филиала АО «ДРСК» «Амурские электрические сети».

AMSTRACT

The article analyzed the work on the introduction of AIIS KUE as an element of the Smart Grid on the example of the JSC "FEGC".

Ключевые слова: прибор учёта, потери электроэнергии, показатели.

Keywords: energy meter, power loss, mark.

В последнее время в отечественной энергетике наблюдается растущий интерес к системе Smart Grid, обусловленный влиянием целого ряда факторов: технологического прогресса, роста объемов потребления электроэнергии в связи с развитием производственных мощностей потребителей, повышения требований к качеству и надежности электроснабжения, изменения рынка, необходимости решения вопросов энергоэффективности и экологической безопасности. Выбор в пользу инновационного направления развития электроэнергетики России обозначен в Стратегии развития электросетевого комплекса РФ на период до 2030 года [5].

В сетевых компаниях сегодня реализуются проекты по модернизации электросетевого оборудования, которые могут рассматриваться с точки зрения перспектив внедрения Smart Grid. Это замена устаревших устройств РЗА на современные микропроцессорные устройства. Внедрение современных программно-технических комплексов для диспетчерского персонала, позволяющих ему в режиме реального времени отслеживать работу энергообъектов, контролировать уровни напряжения, нагрузку энергооборудования, перетоки мощности,

дистанционно управлять режимами работы оборудования и оперативно реагировать на его повреждение. Применение цифровых каналов связи по волоконно-оптическим кабельным линиям, широкая полоса пропускания которых в перспективе позволит передавать большие информационные потоки и т.д. В перспективе модернизируемое сегодня оборудование энергетических компаний должно быть совмещено с новыми технологиями и интегрировано в новую энергетическую систему Smart Grid., в соответствии с одним из её ключевых принципов - преемственности и технологической совместимости [3].

С этих же позиций можно рассматривать и поэтапное внедрение автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ).

Целью данной работы является анализ проводимой в электроэнергетике работы по внедрению АИИС КУЭ, как элемента Smart Grid, на примере филиала АО «ДРСК» «Амурские электрические сети».

Филиал АО «ДРСК» «Амурские электрические сети» выбран в качестве объекта исследования

как крупнейшее сетевое предприятие Амурской области. В состав филиала входят 4 структурных подразделения: Центральные электрические сети, Западные электрические сети, Восточные электрические сети, Северные электрические сети. Максимальное количество точек присоединения потребителей к сетям филиала – 149 753 шт. По данным годового производственного отчёта за 2017 год суммарная протяженность линий электропередачи по трассе и с учётом кабельных линий составила 23 389,3 км, суммарная трансформаторная мощность подстанций 110, 35 кВ и ТП 6-35 кВ составляет 3 823,9 МВА. Объем обслуживания- 105 172,6 у.е.

Для реализации поставленной цели в рамках данной статьи решаются следующие задачи:

1. Анализ динамики потерь электроэнергии в сетях филиала АО «ДРСК» «Амурские ЭС».
2. Рассмотрение принципов работы АИИС КУЭ.
3. Анализ объемов модернизации приборного

парка филиала АО «ДРСК» «Амурские электрические сети».

4. Анализ результатов внедрения АИИС КУЭ в филиале АО «ДРСК» «Амурские электрические сети».

Очень значимым критерием с точки зрения энергетической эффективности передачи и распределения электроэнергии является уровень потерь электроэнергии.

По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях большинства стран можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % можно считать максимально допустимыми с точки зрения физики передачи электроэнергии по сетям [1].

Анализ потерь электроэнергии в филиале АО «ДРСК» «Амурские ЭС» приведён в таблице 1. В процентном отношении к отпуску в сеть в целом по филиалу потери электроэнергии составили в 2007 году- 13,32%, в 2011 г.- 18,07 %, в 2017 г.-9,39 %.

Таблица 1. Динамика изменения производственных показателей филиала Амурские ЭС (отпуск в сеть, полезный отпуск, потери) за период 2007-2017 г.г.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Отпуск в сеть	5 170,7	5 344,4	5 604,2	6 099,9	4 000,7	4 227,2	4 293,7	6 640,9	6 639,8	6 733,6	6 764,1
Полезный отпуск (услуга)	4 481,8	4 659,7	4 909,8	5 438,9	3 043,4	3 322,5	3 462,4	5 764,0	5 761,5	5 843,9	5 917,3
Потери общие (млн.кВ т.ч)	688,9	684,7	694,4	661,0	722,8	707,4	677,4	648,7	658,2	663,5	635
%	13,32%	12,81%	12,39%	10,84%	18,07%	16,74%	15,78%	9,77%	9,91%	9,85%	9,39%
сверхнормативные (млн.кВ т.ч)	349,5	109,8	124,2	54,0	62,7	50,8	43,0	39,5	37,8	35,9	37,8
%	6,76%	2,05%	2,22%	0,89%	1,57%	1,20%	1,00%	0,59%	0,57%	0,53%	0,56%
нормативные (млн.кВ т.ч)	317,84	574,98	570,20	607,01	660,14	656,60	634,37	609,25	620,38	627,62	597,20
%	6,15%	10,76%	10,17%	9,95%	16,50%	15,53%	14,77%	9,17%	9,34%	9,32%	8,83%



Рисунок 1. Потери электроэнергии в сетях филиала АО «ДРСК» «АЭС»

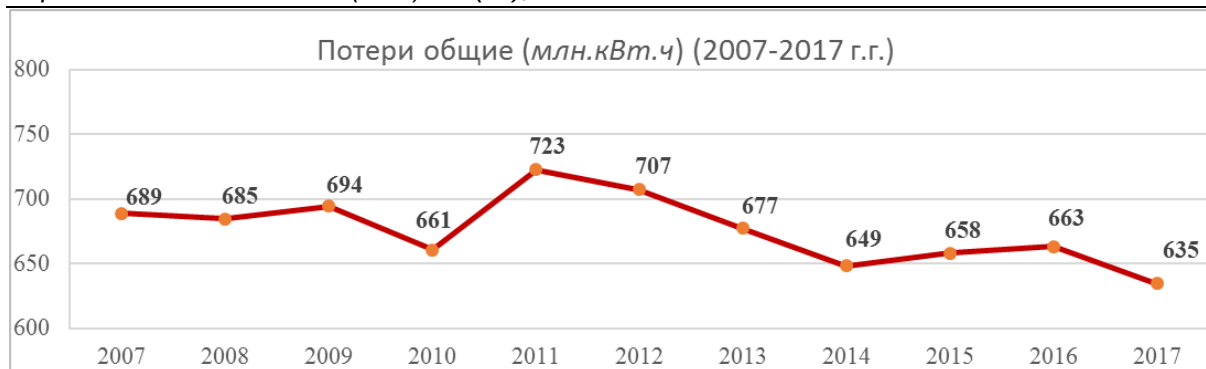


Рисунок 2. Уровень потерь электроэнергии в сетях филиала АО «ДРСК» «АЭС»

Как видно из представленных на рисунках 1 и 2 графиков, на предприятии отмечается устойчивая тенденция к снижению потерь электроэнергии. Исключение составил 2011 год, когда ООО «Русэнергосбыт», выступающее в интересах крупнейшего потребителя - ОАО «РЖД», заключило прямой договор с ОАО «ФСК ЕЭС» по точкам присоединения тяговых подстанций ОАО «РЖД», так называемых объектов «последней мили» (*арендуемые ОАО «ФСК ЕЭС» участки линий электропередачи напряжением 220 кВ, за передачу электроэнергии по которым АО «ДРСК» получает выручку по установленным тарифам*). В связи с этим значительные объемы электроэнергии выпали из полезного отпуска АО «ДРСК», а поскольку это «безпотерьные» объемы, это привело к резкому росту показателя уровня потерь электроэнергии - с 10,84% в 2010 году до 18,07% в 2011 году. К концу 2013 года эта проблема была решена на законодательном уровне. Принят ФЗ от 06.11.2013 г. № 308-ФЗ «О внесении изменений в ФЗ «Об электроэнергетике» и статью 81 ФЗ «Об акционерных обществах». Закон отменил механизм «последней мили» в 2014 году, но в тех субъектах федерации, где проблема «последней мили» стояла особенно остро (в Амурской области, Еврейской АО, Забайкальском крае и Республике Бурятия), действие «последней мили» сохранено на более длительный срок – до 2029 года. 13.12.2013 г. В результате этого с 01.01.2014 г. возобновлен договор оказания услуг по передаче электроэнергии, регулирующий взаимоотношения АО «ДРСК» и ООО «Русэнергосбыт» в части точек присоединения к объектам «последней мили».

Однако, несмотря на тенденцию к снижению, уровень потерь электроэнергии в филиале АО «ДРСК» «Амурские электрические сети» при её

транспортировке превосходит допустимые пределы, а, следовательно, нужны новые подходы к решению вопросов эффективности передачи электроэнергии. Одним из таких подходов является модернизация парка приборов учета электроэнергии и построение системы АИИС КУЭ.

Принцип работы АИИС КУЭ - в определенных интервалах времени собрать в центрах управления данные об объемах передачи электроэнергии на всех уровнях напряжения и обработать эти данные так, чтобы обеспечить составление отчетов за потребленную или отпущенную электроэнергию (мощность), проанализировать и построить прогнозы по потреблению (генерации), выполнить анализ стоимостных показателей и, наконец, произвести расчеты за электрическую энергию.

В целом система АИИС КУЭ состоит из трех уровней:

1. уровень сбора информации.
 - В точках учёта энергии устанавливаются высокоточные средства учёта - электронные счётчики.
 2. связующий уровень.
 - На трансформаторных подстанциях устанавливаются устройства сбора и передачи данных (УСПД)
 - Организуется система связи (как правило, для этого используют GSM – связь).
 3. уровень сбора, анализа и хранения данных.
 - Создаются центры обработки информации с современными компьютерами и программным обеспечением.
- Схема организации АИИС КУЭ показана на рисунке 3.

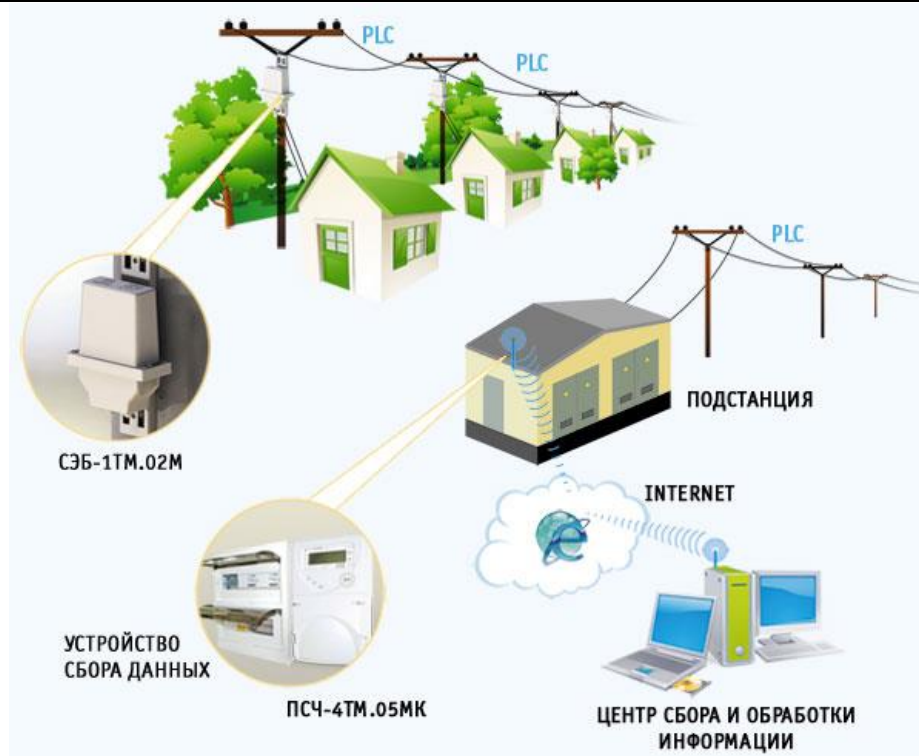


Рисунок 3. Схема АИИС КУЭ

Действует система следующим образом: Электронные счётчики измеряют параметры системы в точках учета. Данные передаются на УСПД, функциями которого являются: опрос электросчетчиков, накопление значений в энергонезависимой памяти, ведение журнала событий и передача данных в центральное УСПД. Программная часть центрального УСПД обеспечивает непрерывный мониторинг работоспособности измерительного тракта и запись всех измеренных параметров в энергонезависимую память, ведение журнала событий, автоматическое восстановление работоспособности при сбоях, пропадании электропитания и других внештатных ситуациях, а также выявления попыток несанкционированного съема информации. Из УСПД все данные переносятся в базу данных предприятия, где возможен их анализ совместно с другой финансовой и технической информацией.

Система предусматривает контроль и анализ следующих параметров:

- баланс энергопотребления;

- диагностика оборудования системы учета;
- прогноз потребления мощности и сигнализация при возможном превышении заявленного максимума;
- выявление нештатных ситуаций;
- выявление попыток несанкционированного считывания информации и перепрограммирования счетчиков.

Дополнительно система должна выполнять:

- контроль токов, напряжений и других величин;
- контроль качества электроэнергии;
- ведение базы данных основного энергетического оборудования;
- ввод в систему данных о произведенном техническом обслуживании и ремонте.

В филиале АО «ДРСК» «Амурские электрические сети» модернизация учета электроэнергии началась с 2008 года. Объемы модернизации почти за 10 лет показаны в таблице 2.

Таблица 2. Объемы модернизации приборов учета электрической энергии филиала АО "ДРСК"-"Амурские ЭС"

СП	Всего ПУ			Количество модернизированных ПУ за период 2008-2018						
				Всего:	Меркурий		Энергомера		РиМ	
	Всего:	1-ф	3-ф		1-ф	3-ф	1-ф	3-ф	1-ф	3-ф
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СЭС	21 320	17 014	4 306	9 062	491	368	901	849	5 499	954
ЗЭС	39 501	33 784	5 717	16 987	1 497	255	4 357	1 221	8 514	1 143
ВЭС	37 935	31 646	6 289	19 084	3 913	712	706	1 336	10 698	1 719
ЦЭС	55 353	38 048	17 305	24 156	4 955	2 771	1 421	1 625	9 118	4 266
АмЭС	154 109	120 492	33 617	69 289	10 856	4 106	7 385	5 031	33 829	8 082

Всего установлено в период с 2008 по третий квартал 2018 года **69 289** ПУ или **45%** от общего количества приборов учета, находящихся на обслуживании филиала, в том числе:

- «Меркурий» - **14 962** шт. (2008-2009 гг);
- «Рим» - **41 911** шт. (2010-2018 гг);
- «Энергомера» - **12 416** шт. (2008-2018 гг).

Организация учета на счетчиках типа «Меркурий» в период 2008-2009 гг. показала ряд возникающих в процессе работы проблем, основными из которых являются:

- прямая зависимость дистанционного сбора данных от состояния распределительных сетей 0,4 кВ;

- доступ к потребителю. Подрядной организации очень сложно спланировать работу, т.к. достаточно часто потребители отсутствуют или отказываются от установки ПУ.

Поэтому при организации системы учета в частном секторе наиболее эффективно использовать подвесные типы приборов учета, устанавливаемые на опоре. На основании этого с 2010 года была опробована с положительным результатом модернизация приборов учета на базе оборудования ОАО «Римэнергомаркет».

С 2014 года началась установка по частному сектору приборов учёта опорного исполнения производства «Энергомера» которые имеют сопоставимую стоимость с приборами учета ОАО «Римэнергомаркет», при этом более расширенный функционал.

На текущий момент с **41 821** ПУ (**63,5 % от модернизированного парка приборов учета**) дистанционный съём показаний осуществляется посредством GSM, с **8 691** ПУ (**13,2 %**) - с помощью «мобильных терминалов».

Для расчета эффекта от мероприятия по модернизации приборов учета был взят период модернизации за 2017 год. При сравнении электропотребления по потребителям, по которым проходили мероприятия по модернизации в 2017 году, за расчетные принимались сопоставимые периоды: до модернизации (8 месяцев 2016 года) и после модернизации (8 месяцев 2018 года).

В качестве объекта были взяты населенные пункты Амурской области п. Буря, г. Свободный, г. Зея, г. Белогорск. Данные по общему количеству потребителей по частному сектору этих населенных пунктов, а так же количество модернизированных точек учета предоставлены в таблице 3.

Таблица 3. Количество точек учета электроэнергии

СП (структурное подразделение)	РЭС (Район электрических сетей)	Населенный пункт	Общее количество точек учета частному сектору (шт)	Кол-во, модернизированных точек (шт)	Процент модернизации, %
ЗЭС	Городской	г. Свободный	10 274	1 791	17,4
СЭС	Зейский	г. Зея	5 327	861	16,2
ЦЭС	Белогорский	г. Белогорск	7 034	665	9,5

Динамика изменения показателей баланса электроэнергии в сети 10/6 кВ (без учета прямых потребителей) по выбранным населённым пунктам в целом представлена в таблицах 4-6.

Таблица 4. Отпуск электроэнергии в сеть по отдельным населенным пунктам в зоне обслуживания филиала АО «ДРСК» «Амурские ЭС»

Населенный пункт	Отпуск в сеть 2016 (8 мес.), млн.кВт.ч	Отпуск в сеть 2018 (8 мес.), млн.кВт.ч	Δ 2018 (8 мес.)-2016 (8 мес.)	
			млн.кВт.ч	%
г. Свободный	97,5	96,7	-0,8	-0,8%
г. Зея	58,9	55,1	-3,8	-6,5%
г. Белогорск	120,9	114,0	-7,0	-5,7%

Таблица 5. Потери электроэнергии по отдельным населенным пунктам в зоне обслуживания филиала АО «ДРСК» «Амурские ЭС»

Населенный пункт	Потери электроэнергии 2016 (8 мес.), млн.кВт.ч		Потери электроэнергии 2018 (8 мес.), млн.кВт.ч		Δ 2018 (8 мес.)-2016 (8 мес.)	
	млн.кВт.ч	%	млн.кВт.ч	%	млн.кВт.ч	%
г. Свободный	29,9	30,7%	20,8	21,5%	-9,1	-30,4%
г. Зея	17,8	30,3%	14,2	25,8%	-3,6	-20,3%
г. Белогорск	39,1	32,3%	32,0	28,1%	-7,0	-18,0%

В результате сравнения анализируемых периодов по населенным пунктам, где в 2017 году были установлены приборы учета с возможностью дистанционного контроля за потребленной электроэнергией, на фоне снижения отпуска в сеть наблюдается рост электропотребления, за исключением г.

Зея, и снижение потерь электроэнергии. Так, по г. Свободный снижение отпуска в сеть составило 0,8 млн.кВт.ч (-0,8 %), г. Зея -3,8 млн.кВт.ч (-6,5 %), г. Белогорск -7,0 млн.кВт.ч (-5,7 %). Потери электроэнергии снижены по г. Свободный – на 9,1

млн.кВт.ч (-30,4 %), г. Зея – на 3,6 млн.кВт.ч (-20,3 %), г. Белогорск – на 7,0 млн.кВт.ч (-18,0 %).

Таблица 6. Полезный отпуск электроэнергии по отдельным населенным пунктам в зоне обслуживания филиала АО «ДРСК» «Амурские ЭС»

Населенный пункт	Полезный отпуск 2016 (8 мес.), млн.кВт*ч	Полезный отпуск 2018 (8 мес.), млн.кВт*ч	Δ 2018 (8 мес.)-2016 (8 мес.)	
			млн.кВт*ч	%
г. Свободный	67,6	75,9	8,3	12,3%
г. Зея	41,1	40,9	-0,2	-0,4%
г. Белогорск	81,9	81,9	0,1	0,1%

Анализ изменения электропотребления в результате модернизации приборов учета электроэнергии, приведен в таблице 7.

Таблица 7. Анализ изменения полезного отпуска по потребителям, у которых была произведена модернизация приборов учета

Населенный пункт	Кол-во, модерни- зированных точек (шт)	Полезный от- пуск 2016 (8 мес.), млн.кВт*ч	Полезный от- пуск 2018 (8 мес.), млн.кВт*ч	Δ 2018 (8 мес.)-2016 (8 мес.)	
				млн.кВт*ч	%
г. Свободный	1 791	5,0	6,9	1,9	39,3%
г. Зея	861	4,3	5,0	0,7	17,0%
г. Белогорск	665	3,2	4,1	0,9	27,4%

Данный анализ наглядно демонстрирует, что по потребителям, у которых в 2017 году была проведена модернизация приборов учета, в 2018 году по сравнению с 2016 годом отмечается существенный рост полезного отпуска электроэнергии - от 17,0% до 39,3% (таблица 7), в то время как в целом по частному сектору данных населенных пунктов

отмечается: по г. Зея снижение полезного отпуска на 0,4%, по г. Белогорску рост всего на 0,1%, по г. Свободный- рост на 12,3% (в 3,2 раза ниже, чем по модернизированной группе). Наглядно положительная динамика электропотребления в результате проведенной модернизации приборов учета электроэнергии продемонстрирована на рисунке 4.

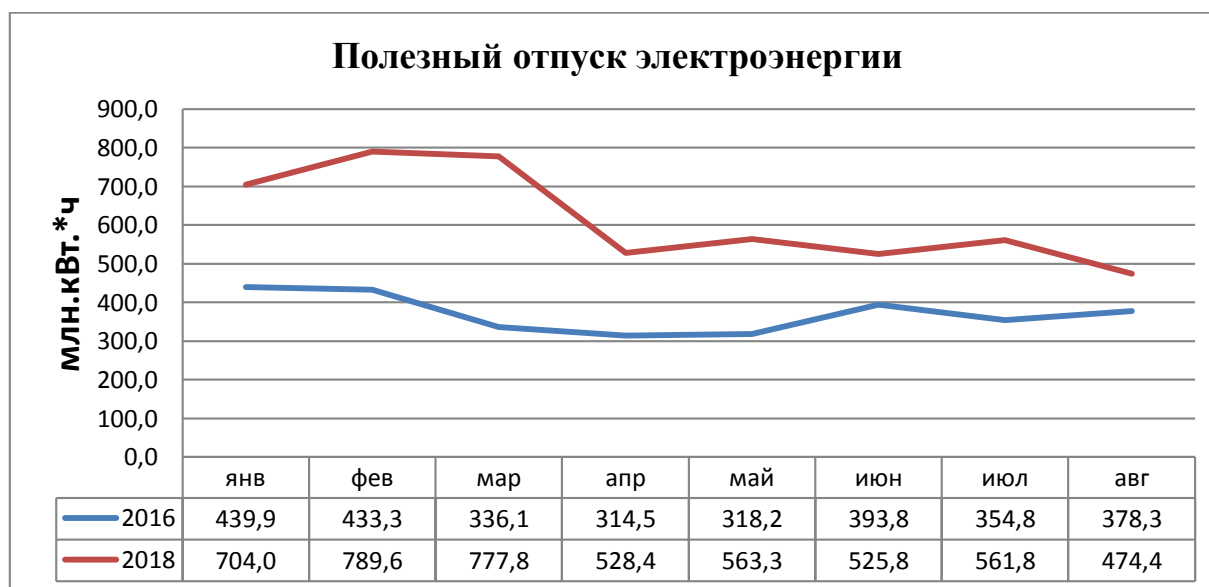


Рисунок 4. Полезный отпуск электроэнергии по потребителям г. Свободный, приборы учета электроэнергии у которых были модернизированы в 2017 году, ежемесячно за 2018 год.

Анализ проведенной работы по внедрению АИИС КУЭ на примере филиала АО «ДРСК» «Амурские электрические сети» показал ее эффективность, но пока этот процесс имеет локальный характер, модернизация проведена на отдельных населенных пунктах, либо их части, требуется в ближайшее время завершить построение системы с

полным охватом всех точек учета электроэнергии по зоне обслуживания предприятия. Продиктованное современными условиями функционирования отрасли внедрение новых технических разработок, безусловно, должно рассматриваться с позиций создания элементов необходимого организационно-

технического базиса для перехода к активно-адаптивным принципам построения сетей в перспективе.

Список литературы:

1. Бохмат, И.С. Снижение коммерческих потерь в электрических системах / И.С. Бохмат, В.Э. Воротницкий, Е.П. Татаринов // Электрические станции. - 1998. - № 9. - с.53-59.
2. Воропай Н.И. SMART GRID: Мифы, реальность, перспективы// Энергетическая политика.- 2010.-№ 2.-с.9-15.

3. Кобец Б.Б., Волкова И.Ю. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. -М.: ИАЦ Энергия, 2010.-208 с.

4. Савина Н.В. Системный анализ потерь электроэнергии в электрических распределительных сетях/ Отв. ред. Н. И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2008. - 228 с.

5. «Стратегия развития электросетевого комплекса РФ», утвержденная Постановлением правительства РФ от 03.04.2013 г. № 511-р.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КАСКАДНЫХ АВАРИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ.

Мотовилов А.И.

*Аспирант, Высшей школы энергетики, нефти и газа,
Северный Арктический Федеральный Университет*

Научный руководитель:

Соловьев И.И.,

*к.т.н., доцент, Кафедра электроснабжения и электротехники,
Северный Арктический Федеральный Университет.*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.27-31](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.27-31)

АННОТАЦИЯ

В крупных энергосистемах со сложной структурой при выполнении оперативных переключений значительно возрастает вероятность возникновения аварийных ситуаций. Для выявления возможных последствий и выбора стратегии предотвращения аварии проводят анализ возможных послеаварийных режимов работы энергосистемы. Исходными данными являются изменяющиеся топология и параметры текущего режима работы энергосистемы. В работе рассмотрены применяемые на практике алгоритмы предотвращения аварий, использующие различные математические модели энергосистемы. Показано что не учет непрерывно изменяющейся схемно-режимной обстановки приводит к необходимости завышению объемов управляющих воздействий. Автором предложено решение, устраняющее отмеченный недостаток и повышающее надежность энергосистемы.

ABSTRACT

In cases with large-scale power grid structures, it is difficult to solve the problem of cascading outages timely. The aim of the paper is to identify possible consequences of such outages and choose an accident prevention strategy. To achieve this aim different simulation methods are used. The author describes drawbacks of these methods and proposes a visual solution to improve the reliability of the power system. This solution will allow dispatchers to analyses current mode of the power system on-line.

Ключевые слов: энергосистема, каскадные аварии, алгоритмы, допустимый режим.

Key words: power system, cascading outages, algorithms, valid mode.

ВВЕДЕНИЕ.

Причинами крупных каскадных аварии в электроэнергетических системах (ЭЭС) со сложной структурой являются возмущения, более тяжелые, чем нормативные в данных схемно-режимных условиях, неправильная настройка и/или отказ релейной защиты и противоаварийной автоматики, ошибочные действия оперативного персонала [1]. При этом происходит отключение элементов сети не входящих в состав сечений.

Область допустимых режимов определяется составом сечения и значениями максимально- и аварийно допустимых перетоков активной мощности в них, допустимым током в элементах сети и уровнями напряжения в узлах нагрузки. При оперативном определении актуального состава сечения и допустимых значений параметров электроэнергетического режима необходимо учитывать изменяющийся профиль нагрузки. Поставленная задача предотвращения каскадных аварий при управлении энергосистемой соответствует Доктрине энергетической безопасности Российской Федерации [2].

МЕТОДЫ.

После возникновения возмущения в энергосистеме, для противоаварийной автоматики с эшелонированным принципом построения и/или для диспетчерского персонала основной задачей является предотвращение дальнейшего развития аварии.

Противоаварийная автоматика первого эшелона имеет в ограниченную зону действия: энергоузел, энергорайон, энергообъединение. После возникновения возмущений и при достижении контролируемыми параметрами уставок срабатывания противоаварийная автоматика предотвращает дальнейшее развитие аварии, выдавая управляющие воздействия в автоматизированную систему управления технологическим процессом электростанций и подстанций. Периодичность расчета уставок срабатывания противоаварийной автоматики энергосистем с различным уровнем автоматизации колеблется от 1-3 раза в год до нескольких раз в час. Такой подход не учитывает непрерывно изменяющуюся схемно-режимную обстановку в энергосистеме, что приводит завышению объемов

управляющих воздействий. При усложнении структуры ЭЭС требования к частоте расчета уставок значительно возрастают, а эффективность работы противоаварийной автоматики снижается. При недостаточной работе устройств первого эшелона противоаварийной автоматики, ликвидация аварии выполняется другими подсистемами путем ресинхронизации или деления электрической сети, авария при этом имеет каскадный характер развития.

Цифровые измерительные системы с высокоскоростными каналами передачи информации позволяют использовать противоаварийную автоматику с алгоритмом по принципу «предсказания». В этом случае после возмущения в ЭЭС, автоматика выдает управляющие воздействия на объекты на основе фактических параметров предаварийного режима.

Учитывая постоянное развитие технологической основы электроэнергетики, внедрение рыночных отношений, либерализацию и глобализацию электроэнергетики и т.д.[3] повышаются требования к устойчивости ЭЭС. Таким образом, задача дальнейших исследований алгоритмов по принципу «предсказания» становится все более актуальной [1].

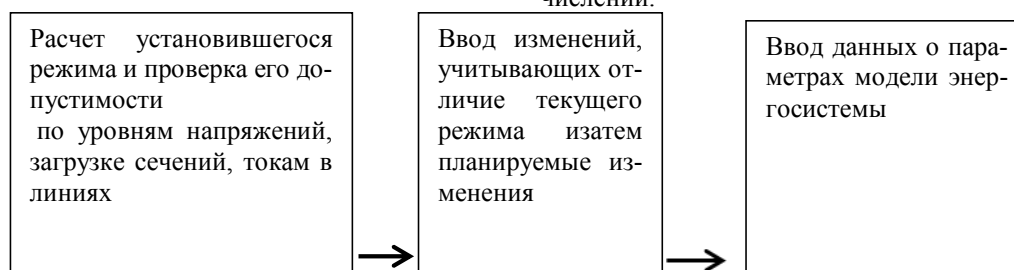


Рисунок 1. Алгоритм действий по анализу прогнозируемого режима работы энергосистемы.

Источником информации о параметрах текущего или какого-либо ретроспективного режима, как правило, служит база данных реального времени, из которой можно выбрать данные телеизмерений и телесигнализации. При автоматическом формировании оперативной схемы из-за сбоев телеметрии, либо некорректной ручной фиксации состояния оборудования в оперативно-измерительном комплексе возможно несоответствие топологии полученной оперативной схемы фактическому состоянию сети. Для исключения ошибок при расчетах и для ответа на вопрос «Что будет, если произойдет отключение?» необходимо провести анализ топологии и потокораспределения в сети, и проанализировать последствия. Актуальность задачи по оперативному контролю и управлению энергосистемой возрастает при производстве оперативных переключений.

За некоторыми исключениями [4] на время переключений диспетчер должен выполнить подготовку режима для исключения срабатывания устройств ПА и/или превышения максимально допустимых перетоков в контролируемых сечениях. Подготовку режима на время отключения ЛЭП, оборудования необходимо проводить в соответствии с завышенными требованиями инструкций по управлению режимами. Это вызвано отличием

Действия диспетчера по предупреждению развития каскадных аварий в ЭЭС схожи по принципу действия с алгоритмом «предсказания», т.е. диспетчер отдает команды по фактическому изменению режима работы ЭЭС для введения его в допустимую область. Допустимая область режимов работы ЭЭС представляет собой функцию от разных влияющих параметров:

- температуры окружающего воздуха;
- потребления влияющего энергорайона;
- схемы сети;
- генерация влияющих станций;
- состава генерирующего оборудования влияющих станций и т.п.

При анализе распределения потоков мощности, рисунок 1, используют оперативно-информационный комплекс и программы расчета установившихся режимов с функцией оценивания состояния. Другие подходы основываются на анализе структуры топологии сети с использованием теории графов. При этом определение допустимой области режимов работы ЭЭС в темпе процесса является серьезной проблемой из-за дефицита информации о нагрузках, ее неточности, а также трудоемкости вычислений.

текущей схемно-режимной ситуации от расчетной. Основными недостатками данного подхода является ограничение перетоков в контролируемых сечениях, что приводит к перерасходу топлива на электростанциях.

При этом для схем с элементами находящимися в длительном ремонте риск возникновения ненормативных возмущений возрастает, что также необходимо учитывать при управлении режимом работы ЭЭС.

РАСШИРЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ОБЛАСТИ

Предлагается увеличить допустимую область режимов на время переключений, используя выпускаемые оперативные резервы (определяются с учетом коэффициента влияния, а также сетевых ограничений). При изменении топологии схемы электрической сети отказ элементов участвующих в производстве оперативных переключений не должен приводить к аварии.

Пример схемы сети на рисунке 2 показывает связь энергорайона (ЭС) и подстанций ПС1-3 с Единой Энергосистемой России (ЕЭС) по одному полному сечению 1. Сечение состоит из 4-х линий Л1-4, значения МДП и АДП сведены в таблицу 1. Линии Л1.1 и Л1.2 в состав сечения 1 не входят.

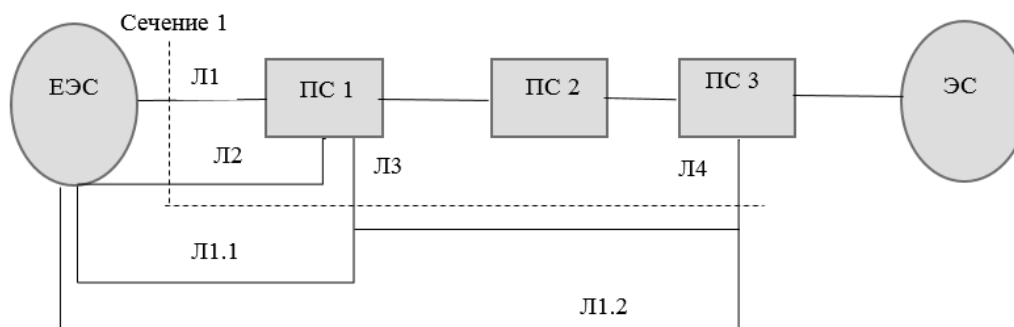


Рисунок 2. Пример схемы сечения 1 между ЕЭС и ЭС.

Таблица 1. Допустимые перетоки в контролируемом сечении 1

№ схемы	Схема сети	Максимально-допустимый переток, МВт	Аварийно-допустимый переток, МВт
1	Нормальная схема	190-Рнеб+ПА	190
2	В ремонте ЛЗ	105	190
3	В ремонте Л4	115	190
4	В ремонте Л1.1	55	190
5	В ремонте Л1.2	50	140

*Для всех схем коэффициент реализации мероприятий равен 1.

При производстве оперативных переключений риск отказа элементов должен быть учтен диспетчерским персоналом в соответствии с [4,5,6].

Для нормальной схемы сети на рисунке 3 плановый и текущий перетоки не превышают значения допустимого перетока.

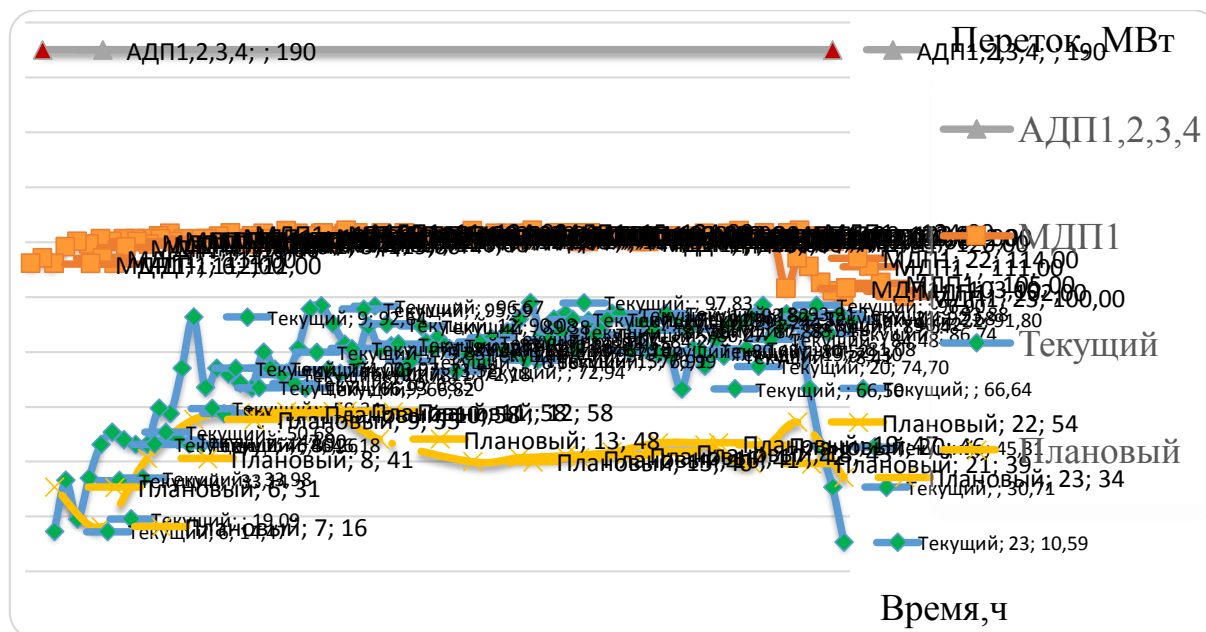


Рисунок 3. Перетоки в сечении 1 для нормальной схемы

При производстве оперативных переключений связанных с риском отключения Л1.2 плановый переток будет находится в допустимой области, кроме периода времени с 9 до 13 и в 22 часах (ри-

сунк 4). Запланированный объем резервов, предполагается, будет обеспечивать снижение планового перетока ниже максимально-допустимого. Текущий переток существенно выше планового, поэтому требуется оценить достаточность резервов.

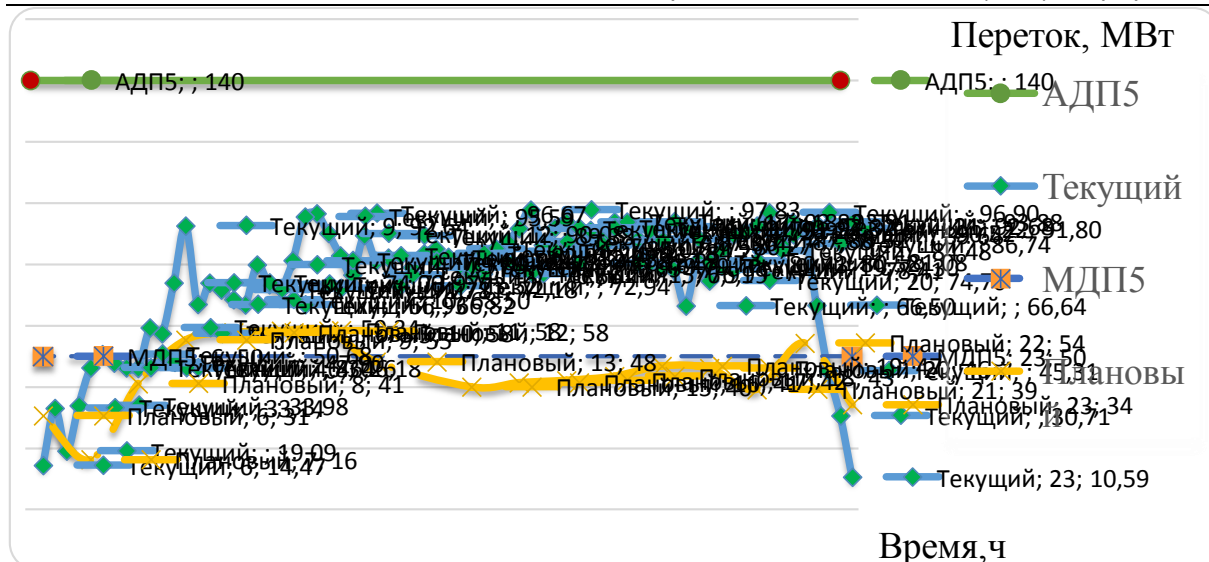


Рисунок 4. Перетоки в сечении 1 для ремонтной схемы №5 (в ремонте линия Л1.2)

После отключения линии Л1.2 режим останется в допустимой области в течение 20 минут. Требуется загрузка электростанций в ЭС на величину $P_{\text{загр.}}$, определяемую по формуле:

$$P_{\text{загр.}} = (P_{\text{тек}} - P_{\text{мдп.рем.}}) / K_{\text{эф.}} = (100 - 50) / 1 = 50 \text{ МВт,}$$

где

$P_{\text{тек}}$ – текущий переток в сечении 1

$P_{\text{мдп.рем.}}$ – МДП ремонтной схемы №5

$K_{\text{эф.}}$ – коэффициент влияния загрузки генераторов в ЭС на сечение 1 (равен 1 т.к. сечение 1 полное)

На рисунке 5 показана характеристика для визуального контроля области допустимых режимов для самого тяжелого возмущения, отключение Л1.2.

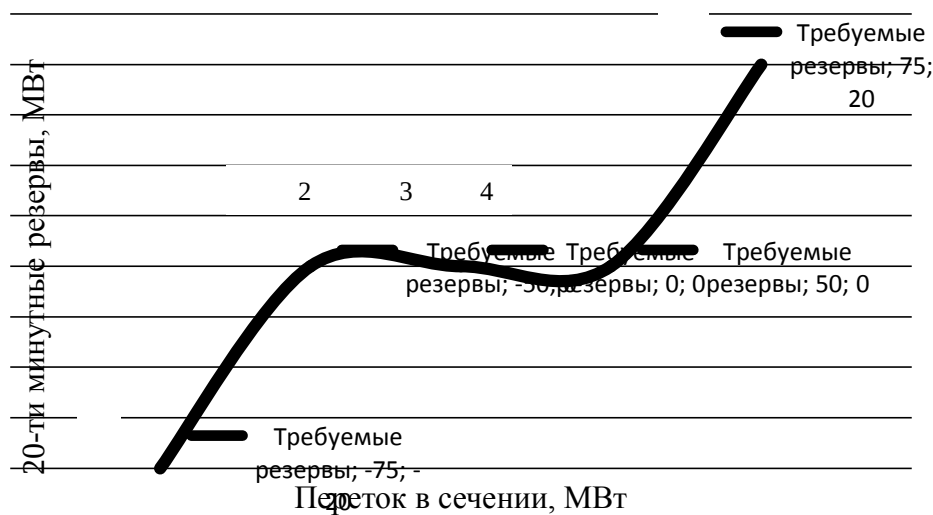


Рисунок 5. Допустимая область для самого тяжелого возмущения

Участок 1-2-3 характерен для отрицательного направления перетока по сечению для текущего режима, 3-4-5 для положительного.

При перетоке в текущей схеме на участке 2-3-4 (соответствует допустимому перетоку ремонтной схемы №5) действий по мобилизации резервов для приведения режима в допустимую область не требуется

При перетоке соответствующему участку 1-2 или 4-5 резервов достаточно для приведения режима в допустимую область

В рассматриваемом примере переток больше, чем переток в т.5, т.е. возникает дефицит 20 минутных резервов. В этом случае требуется одно или несколько мероприятий: перенос времени переключений, увеличение резервов, ввод графиков аварийного ограничения, принятие мер для изменения коэффициентов влияния.

ВЫВОДЫ

Предотвратить каскадное развитие аварии – это одна из основных задач для системы противоаварийной автоматики и диспетчерского персонала. Принципов и законов регулирования, исполь-

зубеваемых в локальных регуляторах огромное количество, поэтому задача определения зоны устойчивости и неустойчивости энергосистемы математически в общем виде не имеет решения. Ситуации согласованных действий из-за усложнения энергосистем будут увеличивать число аварийных электроэнергетических режимов. В будущем возможно после первого возмущения (отключения сетевых элементов или небаланса) реализовать алгоритмы на основе анализа текущей и предшествующей схемно-режимной ситуации.

Методическое и алгоритмическое обеспечение действия по координации устройств управления является важной и актуальной задачей. Один из возможных подходов к координации основывается на количественных оценках взаимного влияния управляемых элементов (коэффициентах влияния). Другой способ обеспечения координации может служить мультиагентный подход [7], заключающийся в рассмотрении устройств и систем противоаварийной автоматики как интеллектуальных агентов (обладающих свойствами коллективизма, социального поведения, инициативности и креативности), что позволяет создавать системы управления с адаптивной логикой и неявным формированием критериев управления.

Список литературы:

1. Воропай Н.И., Курбацкий В.Г., Тomin Н.В., Пнасецкий Д.А., Сидоров Д.Н., Жуков А.В., Ефимов Д.Н., Осак А.Б., Спиряев В.А., Домышев А.В. Комплекс интеллектуальных средств для предотвращения крупных аварий в электроэнергетических системах – Новосибирск: Изд-во Наука, 2016. – 332 с. ISBN 978-5-02-038717-1

2. В. В. Бушуев, Н. И. Воропай, С. М. Сендеров, В. В. Саенко О доктрине энергетической безопасности России. Экономика Региона №2 2012. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-doktrine-energeticheskoy-bezopasnosti-rossii> УДК 338.24:621.3

3. Н.А. Манов, М.В. Хохлов, Ю.Я. Чукреев, Г.П. Шумилова, М.И. Успенский, М.Ю. Чукреев, Д.В. Полуботко, Н.Э. Готман, Т.Б. Старцева. Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар, 2010. – 292 с. (Коми научный центр УрО РАН).

4. ГОСТ Р 55608–2013 Национальный стандарт Российской Федерации. Оперативно-диспетчерское управление. Переключения в электроустановках. Утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 сентября 2013 г. № 996-ст

5. Требования к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем объектов электроэнергетики" Утверждены приказом Минэнерго России от 12.07.2018 г. N 548

6. Инструкция по производству переключений в электроустановках ЕЭС России в операционной зоне ЦДУ. Утверждена 06.06.2018

7. И.Н. Колосок, А.С. Пальцев. Разработка мультиагентной системы для распределенного оценивания состояния ЭЭС// Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Сб. науч. Тр. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2009, вып. 50., С. 234-240

УДК 620.9:69

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Паук Юлия Юрьевна

*Северо – Кавказский горно – металлургический институт
(государственный технологический университет) (Россия, Владикавказ).*

АННОТАЦИЯ.

Статья посвящена современным методам энергосбережения в строительстве. Рассматриваются новые энергосберегающие технологии, а также меры, направленные на повышение энергоэффективности зданий. Приведены основные технические решения, с помощью которых можно достигнуть максимально возможный тепловой комфорт при значительном снижении потерь тепла.

ABSTRACT.

The article is devoted to modern methods of energy saving in construction. We consider new energy-saving technologies and measures aimed at improving the energy efficiency of buildings. The main technical solutions are presented with which you can achieve the highest possible thermal comfort with a significant reduction in heat loss.

Ключевые слова: энергосбережение, активные дома, пассивные дома, энергоэффективность.

Keywords: energy saving, active houses, passive houses, energy efficiency.

На фоне глобальных экологических проблем энергосбережение является одной из главных задач в строительстве. Это связано с недостатком энергоресурсов и высокой стоимостью добычи. Применение энергосберегающих технологий в строитель-

стве помогает уменьшить энергопотребление здания, поэтому данная проблема является актуальной в условиях холодного климата России.

Наименее устойчивыми к тепловым потерям являются ограждающие конструкции. Чтобы добиться снижения энергопотребления здания нужно

использовать материалы с наименьшей инфильтрационной способностью. Из этого следует, что кирпичные дома являются лучше, чем панельные. Устранить недостатки панельных зданий возможно с помощью современных технологий по изготовлению железобетонных конструкций с теплоизоляцией.

Уже на стадии проектирования нужно закладывать малое энергопотребление здания. Одним из факторов снижения энергопотребления можно считать определение площадки и места, где будет находиться объект.

Правильный выбор конструкции окна помогает значительно снизить энергопотребление в жарких регионах. Окна в холодной местности не должны пропускать теплый воздух наружу, а в жаркой местности – наоборот, не пропускать его внутрь. Главным секретом энергосберегающих окон является покрытие из оксида серебра. Оно позволяет избегать попадания инфракрасного излучения в помещение. Тем самым мы получаем так называемый «эффект термоса», с помощью которого экономим 15-20% как на кондиционировании воздуха, так и на отоплении здания.

Существует множество энергосберегающих материалов для стен и перекрытий, которые активно используются как для строительства новых, так и для реконструкции старых зданий. К ним относятся:

- Минераловатные материалы (негорючие, влагостойкие, прочные, с высоким уровнем теплозащиты и звукоизоляции).
- Пенополистирольные плиты (имеют низкую теплопроводность, высокую плотность и долговечность).
- Стеклопакеты (хорошо подходит для облицовки неровных поверхностей, благодаря своей мягкости и эластичности, очень прочный материал, не подверженный старению, с высокими теплоизоляционными свойствами).
- Энергосберегающая штукатурка (покрытие нового поколения, представляет собой цементный раствор с добавлением современных наполнителей).
- Энергосберегающая краска (обладает теплоизоляционными свойствами, которые являются результатом интенсивного воздействия молекул воздуха, находящихся в шариках).
- Энергосберегающее покрытие «Изоллат» (обладает низким коэффициентом теплопроводности, устойчив к атмосферным осадкам, имеет антикоррозийные свойства. «Изоллат» является дышащим материалом – не пропускает воду, но при этом является паронепроницаемым).
- Пенополиуретан (имеет очень низкий коэффициент теплопроводности и обладает самым маленьким водопоглощением).
- Жесткие ППУ (пенопласты) (обладают низкой паро-проницаемостью и теплопроводностью, высокой адгезией к другим материалам).

Комплексное применение таких материалов способно снизить энергопотребление на 70% и

обеспечить энергетическую эффективность здания, создавая комфортный микроклимат в помещении [1].

Энергоэффективные дома разделяют на пассивные дома, дома нулевого потребления энергии и активные дома. Активный дом имеет автоматизированную контролируемую систему, которая создает положительный энергобаланс. Дом нулевого потребления использует энергию, которую сам же и производит, используя солнечные панели, тепловые насосы, ВЭУ, биотопливо. Пассивный дом потребляет минимальное количество энергии и даже может обойтись без отопления совсем.

Энергосберегающее строительство – это применение современных технологий и материалов, которые обеспечивают высокий тепловой комфорт и малое потребление энергии, с низкими расходами на эксплуатацию. Этот эффект достигается с помощью уменьшения потребления энергии и электроэнергии, требующейся для прогрева воды и отопления дома. Значительно снижаются потери тепла в пассивном здании, в сравнении с традиционными домами.

Основной целью в энергосберегающем и пассивном строительстве является достижение максимально возможного теплового комфорта при значительном снижении тепловых потерь. При уменьшении расхода тепла затраты на эксплуатацию дома снижаются, что положительно сказывается на его рыночной стоимости.

Разработанные технические решения для сокращения тепловых потерь уже апробированы на практике. Самыми популярными являются: герметизация внешней оболочки здания, тщательное ограничение появления мостиков холода, использование энергосберегающих окон и дверей, специально разработанных для пассивных домов; использование высокоэффективной системы вентиляции с рекуперацией тепла, термоизоляция стандартных внешних ограждений – стен, крыш, окон и дверей.

Энергосберегающее строительство сводится к построению активных и пассивных домов. А дома, не способные достичь их параметров, мы называем просто энергоэффективными [7, с.30-31; 6].

В России существует дом, сертифицированный по европейским стандартам. Он построен в Бутово, компанией «Мосстрой-31» вместе с немецкими специалистами и архитекторами из института Passivhaus.

Генеральный директор ЗАО «Мосстрой-31» рассказал о наработанном компанией опыте в жилищном строительстве и инновационных разработках: «Пару лет назад в районе Бутово мы построили первый в стране «пассивный дом», который был сертифицирован по европейским стандартам. Это дом с ничтожно малым энергопотреблением и экологически безопасен для человека. Специальное оборудование автоматически поддерживает в нём оптимальную температуру, влажность и чистоту воздуха, делает жизнь в таких домах очень комфортной. Компания готова предложить свои материалы и весь свой опыт в строительстве домов из

несъёмной опалубки на основе инновационного материала Неопор и строительстве домов по стандарту Passive House».

Еще одна компания «Пассив Хаус» занимается пассивным домостроением. Однако их дома не получили сертификата, так как их затраты на отопление составляют 57,5 кВт·ч/м² в год – почти вчетверо выше немецкого стандарта. Хотя общее годовое энергопотребление коттеджей составляет 90,6 кВт·ч/м², что соответствует требованиям Института пассивного дома – 120 кВт·ч/м² в год.

В активных домах четких требований по тепловым потерям нет. Так в доме «Зеленый маяк» – здание для студентов и преподавателей Копенгагенского университета, необходимость в отоплении только на 35% покрывается за счёт солнечных коллекторов и теплового насоса. Остальные 65% тепла приходятся на центральное отопление. Суммарные энергозатраты составляют 30 кВт·ч/м² в год. При этом никто не сомневается, что «Зеленый маяк» – активный дом» [2, с.35-36].

Комфортная температура в пассивном доме не должна требовать никаких расходов. Отопление происходит за счет тепла, выделяемого людьми, живущими в нем и бытовыми приборами. Допускается использование альтернативных источников энергии. Тепловые насосы и солнечные водонагреватели обеспечивают горячее водоснабжение.

Конструктивным решением нужно обеспечить кондиционирование и охлаждение здания, дополнительно можно применить геотермальный тепловой насос. При строительстве пассивных домов, в основном применяют кирпич, дерево, камень, газобетон, которые являются экологически чистыми. В некоторых странах существует опыт переработки продуктов рециклизации неорганического мусора в строительные материалы.

Однако в России строительство пассивных домов не приобрело должную популярность, в связи с тем, что они на 15-20% дороже обычных домов, несмотря на то, что их эксплуатация выходит значительно дешевле [3, с.32]. В этом свою роль играет постоянный рост цен на отопление, горячую воду и электроэнергию. Но стоит учесть, что дополнительные затраты на строительство окупаются в течение 7-10 лет. В пассивном доме отпадают затраты на некоторые виды работ и оборудование, присущие обычным зданиям: разводка водяного отопления и установка котельного оборудования, подключение газа, ёмкости для хранения топлива, чистка труб и фитингов. Стоимость же электроконвекторов, системы вентиляции и дополнительного утепления ниже стоимости классического отопления. А отказ от газовых сетей и теплоцентралей позволяет значительно сократить себестоимость строительства [8, с.11; 4, с.5; 9].

На сегодняшний день повышение энергоэффективности и энергосбережения в строительстве является важной, но не простой задачей. Возникают

сложности в связи с недостаточной мотивацией, малой информированностью, отсутствием опыта в организации и координации навыков проектирования, а также ограниченным финансированием. Меры, направленные на повышение энергоэффективности, должны носить комплексный характер.

В нынешнее время России в вопросе применения энергосберегающих технологий есть куда развиваться. По мнению специалистов Россия имеет огромный потенциал – более 40% от всего уровня потребления энергии [5]. Энерго и ресурсосберегающие строительные технологии являются перспективными направлениями будущего строительства. Исходя из вышесказанного можно говорить о том, что проблемы энергосбережения приобретают особую остроту в связи с ростом спроса на энергоресурсы, перманентным повышением тарифов на тепловую и электрическую энергию, ухудшением экологии. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий — это одна из главных задач в современном мире.

Список использованных источников:

- 1) Анна Доценко «Энергосберегающие материалы» [http://www.remontpozitif.ru]. URL: http://www.remontpozitif.ru/publ/otdelochnye_materialy/ehnergoberegajushhiy_materialy/1-1-0-478 (Дата обращения 18.03.19).
- 2) Журнал «Строительная Орбита» №07/2014. - 35-36 с.
- 3) Классификация энергоэффективных домов. – 32 с.
URL: <https://helpiks.org/6-51745.html> (Дата обращения: 25.03.2019).
- 4) Пермский национальный исследовательский политехнический университет/Архитектура/Энергоэффективные дома. URL: <https://studfiles.net/preview/512470/page:5/> (Дата обращения: 27.03.2019). – 5 с.
- 5) Перспективы строительства в России энергосберегающих и экологических домов. URL: <https://ppt-online.org/82886> (Дата обращения: 30.03.2019).
- 6) Проталинский А.Н. Переход от энергосберегающего к энергоэффективному строительству. URL: <http://energo-sibir.ru> (Дата обращения: 20.03.2019).
- 7) С.Н.Сморodin, В.Н.Белоусов, В.Ю.Лакомкин. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве. //Учебное пособие. //Санкт-Петербург-2014. - 30-31 с.
- 8) Энергобезопасность пассивного дома. URL: https://studopedia.ru/2_63070_energobezopasnost-passivnogo-doma.html (Дата обращения: 27.03.2019). – 11 с.
- 9) URL: <https://www.newkaliningrad.ru/articles/our/realty/997693.html> (Дата обращения: 27.03.2019).

**СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСУЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ РЭА**

Петров Евгений Евгеньевич*Инж.-констр. 2-й кат., ФГУП "РНИИРС",**г. Ростов-на-Дону***Бутовченко Андрей Владимирович***Канд. техн. наук, ФГБОУ ВО "ДГТУ",**г. Ростов-на-Дону***Скляров Максим Максимович***ФГБОУ ВО "ДГТУ",**г. Ростов-на-Дону*[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.34-38](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.34-38)**АННОТАЦИЯ.**

Конструкция радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) – совокупность элементов различных форм и свойств, определённым образом находящихся в пространстве, которые имеют механическую, электрическую, электромагнитную, тепловую и другие связи. Эти связи обеспечивают надёжность, точность, стабильность функционирования в заданных условиях эксплуатации, обеспечивают возможность производства при заданных требованиях. Проектируемая конструкция должна обеспечить выполнение заданных требований, учитывать возможности производства (технологичность). Задача конструктора заключается в выборе наилучшего, из бесконечно большого количества возможных вариантов конструкции. Одним из важнейших аспектов, при проектировании РЭА являются прочностные расчёты. Однако, на практике, им не уделяется должного внимания. Это, в свою очередь, может способствовать тому, что в процессе эксплуатации, изделие с большей вероятностью придёт в негодность, что неизбежно приведёт к дополнительным затратам. В связи с этим, тема данной работы является актуальной. В статье рассмотрены варианты расчёта несущих конструкций РЭА, с учётом статических и динамических нагрузок.

ABSTRACT.

The design of electronic equipment (EE) – a set of elements of different shapes and properties, in a certain way are in space, which have mechanical, electrical, electromagnetic, thermal and other connections. These connections provide reliability, accuracy, stability of functioning in the set operating conditions, provide an opportunity of production at the set requirements. The designed design should ensure the fulfillment of the specified requirements, take into account the possibility of production (manufacturability). The task of the designer is to choose the best of an infinitely large number of possible design options. One of the most important aspects in the design of EE are strength calculations. However, in practice, they are not given due attention. This, in turn, can contribute to the fact that in the process of operation, the product is more likely to become unusable, which will inevitably lead to additional costs. In this regard, the topic of this work is relevant. The article describes the options for calculating the load-bearing structures of EE, taking into account static and dynamic loads.

Ключевые слова: статический расчёт, динамический расчёт, прочность, несущая конструкция, вибрация, удар, центр масс.

Keywords: static calculation, dynamic calculation, strength, bearing structure, vibration, impact, center of mass.

Функцию несущих конструкций в РЭА выполняют печатные платы, рамки, теплоотводящие основания печатных плат, шасси, каркасы оснований. Несущие конструкции РЭА должны выдерживать статическую нагрузку от элементов, а РЭА, испытывающие вибрации и удары, должны выдерживать динамические нагрузки. На практике, приходится иметь дело с обоими случаями. Рассмотрим их подробно.

Статический расчёт.

Для стационарной РЭА, не испытывающей ударов и вибраций, целесообразно выполнять статический расчёт на нагрузку несущей конструкции от силы тяжести элементов:

$$F_T = m \cdot g, \text{ Н}, \quad (1)$$

где: m — масса элементов, установленных на несущей конструкции РЭА, кг;

g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

Рассмотрим подробно статический расчёт несущей конструкции РЭА, на примере наиболее часто встречающегося, на практике, случая — определения параметров ручек блока РЭА. Схема сил, действующих на блок РЭА, представлена на рис. 1.

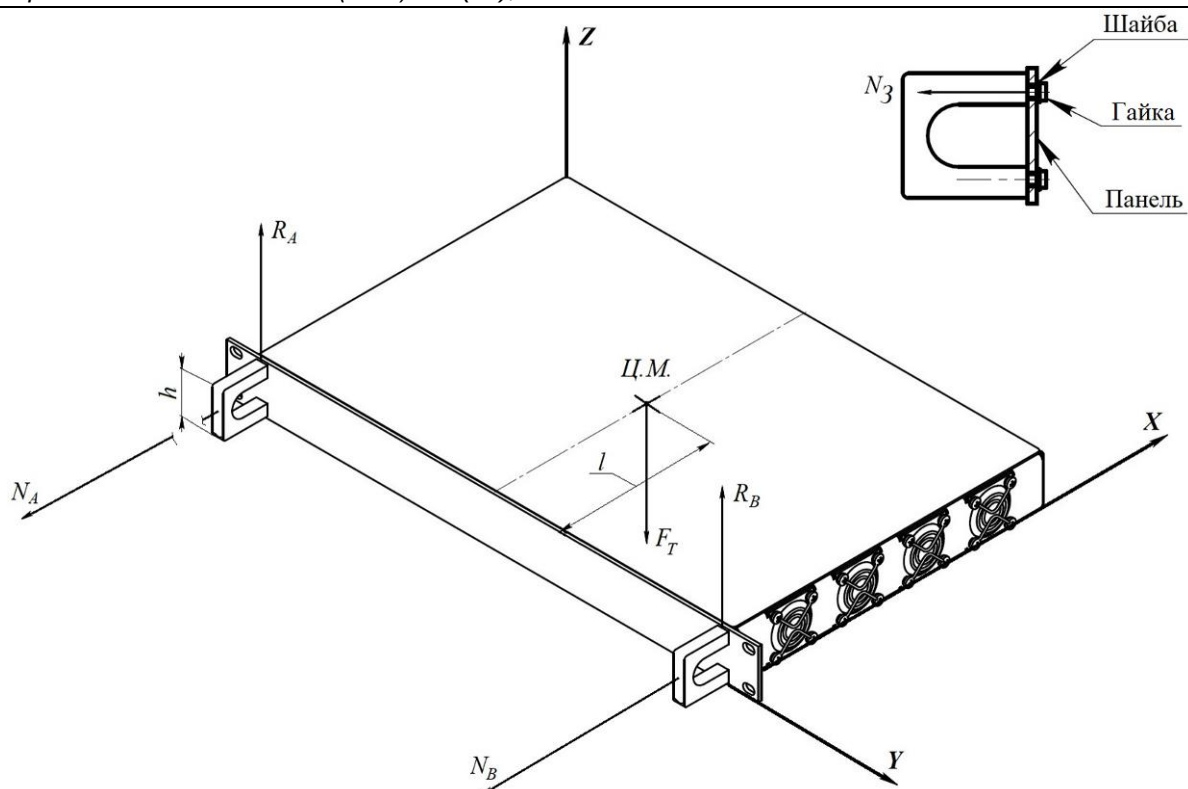


Рис. 1. Схема сил, действующих на блок РЭА в момент транспортировки за ручки:
Ц.М. — центр масс блока; F_T — сила тяжести, действующая на блок РЭА, Н; h — высота ручки, м; N_A , N_B — силы реакций, действующие на каждую из ручек, Н; R_A , R_B — вертикальные составляющие от силы тяжести P , возникающие в каждой из ручек, Н; N_3 — сила, возникающая в соединении ручки и элемента её крепления, Н; l — расстояние от центра масс до передней панели блока РЭА, м

Целью расчёта является выбор материала ручек и диаметра их резьбового окончания, в зависимости от силы тяжести, действующей на блок РЭА.

Рассмотрим подробно силы, действующие на блок РЭА.

На блок РЭА действует сила тяжести F_T (1), приложенная к центру масс с координатами:

$$X_{\text{Ц.М.}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad Y_{\text{Ц.М.}} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad Z_{\text{Ц.М.}} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (2)$$

где: m_i — масса i -го элемента блока РЭА;
 x_i , y_i , z_i — координаты центров масс элементов блока РЭА по осям X , Y , Z ;

n — количество элементов блока РЭА.

Силы реакций N_A и N_B направлены по оси Z каждой из ручек, при этом $N_A = N_B$. Вертикальные составляющие R_A и R_B направлены по оси Y , противоположно силе тяжести F_T . Сила N_3 зависит от составляющих R_A и R_B и коэффициента трения

передней панели и шайбы элемента крепления ручки μ .

Для того, чтобы выбрать диаметр резьбового окончания ручки, необходимо рассчитать силы реакций, приходящиеся на него. Составим уравнение равновесия сил и моментов сил реакции в этих точках.

Для удержания блока РЭА в равновесии, необходимо выполнение следующих условий:

$$F_T = R_A + R_B; \quad (3)$$

$$M_O = M_Y. \quad (4)$$

Опрокидывающий момент:

$$M_O = F_T \cdot l, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (5)$$

Момент удержания блока РЭА в равновесии:

$$M_y = 2N \cdot h, H \cdot m. \quad (6)$$

Исходя из условий (4) — (6), N_A и N_B определяются из соотношения:

$$N_A = N_B = \frac{F_T \cdot l}{2h}, H. \quad (7)$$

Для случая, когда центр масс находится на пересечении осей симметрии блока РЭА (см. рис. 1):

$$R_A = R_B = \frac{F_T}{2}, H. \quad (8)$$

Для случая, когда центр масс смещён относительно продольной оси симметрии блока РЭА (см. рис. 2):

$$R_A = R_B = \frac{b}{a+b}, \quad (9)$$

где: a — расстояние от центра масс до оси задела ручки А, м;
 b — расстояние от центра масс до оси задела ручки В, м.

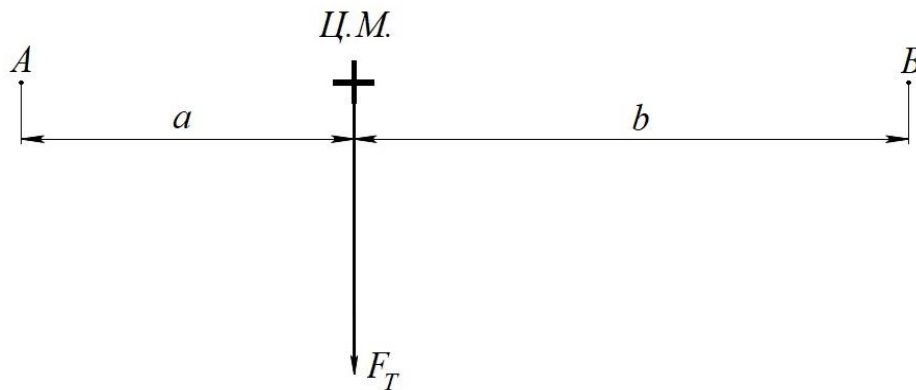


Рис. 2

Условие, при котором элемент крепления одной из ручек не будет перемещаться в отверстии передней панели в момент транспортирования блока РЭА за ручки:

$$N_3 = \frac{R_A}{2\mu}, H, \quad (10)$$

где: μ — коэффициент трения для пары трения материалов «ручка-панель». Для пары трения сталь углеродистая сернистая А12 ГОСТ 1414-75 — АМг2.М ГОСТ 21631-76 $\mu = 0,18 \dots 0,21$ [2, 3]. Результирующая сила $N_{рез}$, направленная по оси резьбового окончания ручки на разрыв ручки А:

$$N_{рез} = N_A + N_3, H. \quad (11)$$

В резьбовом окончании ручки возникают напряжения:

$$\sigma = \frac{4N_{рез} \cdot \beta}{\pi \cdot d_6^2}, \text{ кгс/м}^2, \quad (12)$$

где: d_6 — диаметр резьбового окончания ручки по внутренней канавке резьбы, м; β — коэффициент запаса прочности резьбового окончания ручки (1,5 ... 2). Разрыва ручки не произойдёт, при условии:

$$\sigma = \frac{4N_{рез} \cdot \beta}{\pi \cdot d_6^2} \leq [\sigma_{дон}], \quad (13)$$

где: $[\sigma_{дон}]$ — допустимое напряжение на разрыв выбираемого материала ручки, кгс/м².
 Тогда:

$$d_6 \geq \sqrt{\frac{4N_{рез} \cdot \beta}{\pi \cdot [\sigma_{дон}]}} \quad (14)$$

Выражение (14) [8] позволяет подобрать соответствующий параметр метрической резьбы и рассчитать наружный диаметр ручки d (для ручки квадратного сечения параметр d соответствует диаметру вписанной окружности):

$$d \geq \frac{d_6}{0,85}, \text{ м.} \quad (15)$$

Выражения (1) — (15) позволяют осуществить подбор корректных параметров ручек блока стационарной РЭА, обеспечивающих необходимый, для его эксплуатации, запас прочности.

Динамические расчёты. Вибрационный расчёт.

При наличии ударов и вибраций для РЭА подвижных объектов (автомобильного, морского, лётного и других исполнений) выполняют динамический расчёт с учётом перегрузок, при ударах и вибрациях. Динамические расчёты, можно разделить на вибрационные и ударные. Рассмотрим их подробно.

Сила, тяжести действующая на элементы конструкции РЭА F , при внешних воздействиях, рассчитывается по формуле:

$$F_T = m \cdot I, \text{ Н} \quad (16)$$

где: I — ускорение при механическом воздействии, м/с^2 .

Например, для группы F2 исполнения РЭА (диапазон частот вибраций 10 ... 500 Гц), согласно ГОСТ Р 52931-2008, $I=19,6 \text{ м/с}^2$ [4]. Конструкцию следует проектировать с учётом резонанса в заданных значениях частот ударов и вибраций.

В случае наличия ударов и вибраций, нагрузка от элементов блока РЭА существенно увеличивается относительно статического режима. При этом, во избежание резонансных колебаний при вибрационных воздействиях, несущие конструкции должны иметь собственную частоту механических колебаний выше верхней частоты возмущающих вибраций в 1,5 ... 2 раза [8]:

$$f_0 \geq f_{виб} \cdot (1,5 \dots 2).$$

В случае плоской конструкции несущего элемента собственная частота может быть найдена из соотношения:

$$f_0 = \frac{l^2}{2 \cdot \pi \cdot \alpha} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}, \text{ Гц} \quad (17)$$

где: l — глубина плоской конструкции, м ;
 α — коэффициент, зависящий от способа крепления;

D — изгибная жёсткость, Н/м ;

m — масса единицы площади поверхности плоской конструкции, кг .

Под изгибной жёсткостью, в данной работе понимается величина, характеризующая жёсткость плоской конструкции при её изгибе.

Плоскую конструкцию можно представить как совокупность балок единичной ширины, соединённых друг с другом боковыми поверхностями. Как известно [10], для балки прямоугольного поперечного сечения единичной ширины жёсткость на изгиб определяется величиной $\frac{E \cdot h^3}{12}$, а взаимодействие балок учитывается множителем $(1 - \nu^2)$. Исходя из вышеизложенного, изгибная жёсткость может быть найдена из выражения:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \text{ Н/м}, \quad (18)$$

где: E — модуль Юнга, Па ;

h — толщина плоской конструкции, м ;

$(1 - \nu^2)$ — множитель, учитывающийся в выражении изгибной жёсткости плоской конструкции.

При этом, определение изгибной жёсткости — вопрос отдельный, который подробно рассмотрен в работах [1, 5 — 7, 9].

Динамические расчёты. Ударный расчёт.

Если блок РЭА предназначен для ношения, он должен обладать ударопрочностью и выдерживать падение с высоты $H=0,5 \dots 0,7 \text{ м}$ [8]. При наличии ударных воздействий, корпус блока РЭА целесообразно рассчитывать на силу соударения с поверхностью:

$$F_{совд} = m \cdot \frac{\vec{v}_H - \vec{v}_K}{\tau_H}, \text{ Н}, \quad (19)$$

где: $\vec{v}_H = \sqrt{2 \cdot \vec{g} \cdot H}$ — начальная скорость блока РЭА в момент соударения с поверхностью, м/с ;

$\vec{v}_K = -\vec{v}_H \cdot k$ — конечная скорость отскока блока РЭА в момент соударения с поверхностью, м/с ;

k — коэффициент, зависящий от жёсткости поверхности, на которую падает блок РЭА (например, для сухого грунта $k=0,65$);

τ_{II} — длительность ударного импульса (время соприкосновения с поверхностью при ударе), с.

После выполнения элементарных преобразований, получим выражение для определения силы соударения с поверхностью для скалярных значений скоростей:

$$F_{\text{сод}} = m \cdot \frac{k \cdot (1 + \sqrt{2 \cdot g \cdot H})}{\tau_{II}}, H, \quad (20)$$

Элементы внутри РЭА, при соударении, испытывают меньшую силу:

$$F_{\text{эл}} = \frac{m_{\text{э}}}{m} \cdot F_{\text{сод}}, H, \quad (21)$$

где: $m_{\text{э}}$ — масса элемента, кг.

Выражения (16) — (18) позволяют осуществить расчёт блока РЭА, с учётом вибрационных воздействий, а выражения (19) — (21) — с учётом ударных.

Падение блока РЭА недопустимо, однако расчёты на удар необходимо производить в любом случае, с целью подбора таких параметров, при которых силы соударения, а следовательно, и повреждения блока РЭА при падении будут минимальны.

Выводы.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- предложены варианты статического расчёта для различных случаев расположения центра масс блока РЭА (1) — (15), позволяющие осуществить подбор конструктивных параметров блока РЭА, обеспечивающих необходимый для его эксплуатации запас прочности;

- предложены варианты вибрационного (16) — (18) и ударного (19) — (21) динамических расчётов, позволяющих осуществить расчёт блока РЭА с учётом вибрационных и ударных воздействий;

- полученные результаты могут быть полезны для специалистов, занимающихся проектированием РЭА.

Список использованных источников:

1. Гольденвейзер, А.Л. Теория упругих тонких оболочек / А.Л. Гольденвейзер. — М.: Наука, 1976. — 512 с.
2. ГОСТ 1414-75 Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия. — М.: ИПК издательство стандартов, 2004. — 16 с.
3. ГОСТ 21631-76 Листы из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. — М.: ИПК издательство стандартов, 2008. — 29 с.
4. ГОСТ Р 52931-2008 Приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2009. — 28 с.
5. Доннел, Л.Г. Балки, пластины и оболочки / Л.Г. Доннел. — М.: Наука, 1982. — 567 с.
6. Корнишин, М.С. Гибкие пластины и панели / М.С. Корнишин, Ф.С. Исанбаева. — М.: Наука, 1968.
7. Огибалов, П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины / П.М. Огибалов, М.А. Колтунов. — М.: МГУ, 1969.
8. Панков, Л.Н. Основы проектирования электронных средств / Л.Н. Панков, В.Р. Аслаянц, Г.Ф. Долгов и др. — Владимир: ВГУ, 2007. — 260 с.
9. Погорелов, В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций / В.И. Погорелов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
10. Феодосьев, В.И. Соппротивление материалов / В.И. Феодосьев. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. — 590 с.

УДК 621.7.092

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДИ С ПОМОЩЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ НИКЕЛЕМ И ТЕРМООБРАБОТКОЙ

Краснова Марина Николаевна

к.т.н., доцент

Рассказов Александр Сергеевич

магистрант группы МПм-11

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» Воронеж

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.38-41](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.38-41)

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены варианты использования гальванического никелевого покрытия в совокупности с термической обработкой в целях повышения качественно-точных характеристик деталей и улучшения физических свойств.

Ключевые слова: гальваника, электрохимический метод, никелирование, термическая обработка.

Под защитным покрытием понимают именно защиту от коррозии и других вредных факторов окружающей среды: влажности, пыли. Свойства того или иного покрытия перед внесением его в конструкторскую документацию детали, работающей в определенных эксплуатационных условиях.

Так же важно наблюдать, чтобы покрытие после его нанесения отвечало требованиям ГОСТ 9.301-86.

Технические характеристики медных деталей после покрытия никелем

- Покрытие обладает повышенной твердостью и износостойкостью и рекомендуется для деталей, работающих в условиях трения, особенно

при отсутствии смазки; применяется для защиты от коррозии, для обеспечения пайки низкотемпературными припоями.

■ Покрытие обладает повышенной хрупкостью, не рекомендуется гибка и развальцовка деталей с химическим никелевым покрытием.

■ Покрытие рекомендуется применять преимущественно для сложнопрофилированных деталей.

■ Покрытие после термообработки при температуре 400°C приобретает высокую твердость.

Свойства гальванического покрытия никелем показаны в таблице 1.

Таблица 1. Свойства гальванического никелевого покрытия.

Параметр	Гальваническое покрытие
Температура плавления, °C	1450
Удельное сопротивление, Ом•м	~8,5•10 ⁻⁵
Магнитная восприимчивость, %	37
Твердость по Виккерсу	250
Продольная деформация, %	10-30
Прочность сцепления с основой, кгс/мм ²	35-45

Зная процессы термообработки и гальваники на заготовках из меди, возможно предположить свойства, которыми будут обладать готовые детали. Нанесение покрытия проводят на предварительно обработанную деталь для получения после нанесения необходимой по конструкторской документации шероховатости. Расчет толщины никелевого покрытия проводят для каждого образца и вычисляют среднюю толщину покрытия [1, с. 182]. Расчет толщины проводят по формуле

$$h = \frac{\Delta m \cdot 10^4}{\rho_{Ni} \cdot S},$$

где: Δm – изменение массы образца в результате никелирования, г;

$$\rho_{Ni} = 8,9 \text{ г/см}^3;$$

S – площадь поверхности никелевого покрытия, см².

Одним из важнейших характеристик готовой детали является окончательная шероховатость поверхности. Стандартно стараются достичь шероховатости покрытия такой же, как и шероховатость, полученная предварительной обработкой, но чем больше толщина покрытия, тем больше шероховатость. На рисунке 1 показана примерная зависимость шероховатости полученной детали от толщины покрытия.

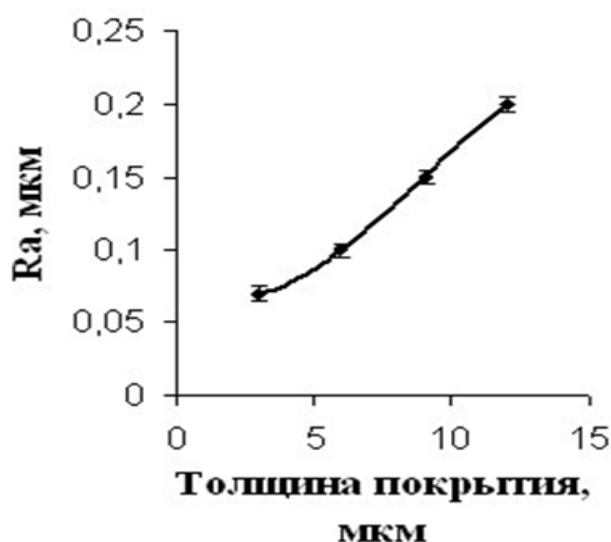


Рисунок 1. Зависимость шероховатости детали от толщины покрытия.

Толщина никелевых покрытий на деталях из меди и медных сплавов должна быть: для легких условий эксплуатации 6-9 мкм; для средних условий 12-15 мкм [2, с. 192].

Рассмотрим конкретно процесс осаждения никелевого покрытия на заготовку из меди.

В качестве оборудования и оснастки применяются:

1. Шкаф вытяжной ДЛДМ 2.964.000;

2. Установка химической обработки 08ЧХН-100-005 ЩЦМ 3.240.220;

3. Весы лабораторные ВЛКТ-500г-М ТУ 25.06.1101-79;

4. Ванна для электрохимического никелирования;

5. Ванна для травления;

6. Микроскоп стереоскопический МБС-9 ТУ 3-3.1210-78;

7. Стакан В-1-1000 ТС ГОСТ 25336-82;
 8. Мензурка 1000 мл ГОСТ 1770-74;
 9. Палочка стеклянная ГОСТ 23932-90;
 10. Секундомер СОПипр-2а-3-00 ТУ 25.1894.003-90;
 11. Источник тока Б5-47 3.233.029 ТУ;
 12. Источник тока Б5-49 3.233.029 ТУ;
 13. Тара для транспортировки;
 14. Игла 1-12 ГОСТ 8030-80;
 15. Шкаф сушильный «СНОЛ» -3,5 ТУ16-681.032-84;
 16. Медная проволока с зажимом типа «крокодил» цеховая;
 17. Часы сигнальные ТУ 25-07-1268-77.
- В качестве материалов для проведения технологического процесса будут использоваться:
1. Бумага индикаторная универсальная ТУ 6-09-1181-89;
 2. Вода дистиллированная ГОСТ 6709-72
 3. Декорин ТУ 2499-008-22298075-97;
 4. Кислота азотная х.ч ГОСТ 4461-77;
 5. Кислота борная ч. ГОСТ 9656-75;
 6. Кислота ортофосфорная ч. ГОСТ 6552-80;
 7. Кислота серная х.ч. ГОСТ 4204-77;
 8. Кислота соляная ГОСТ 3118-77;
 9. Кислота уксусная х.ч. ледяная ГОСТ 61-75
 10. Крем «Силиконовый ПМС-30» ГОСТ 31460-2012;
 11. Магний серноокислый 7-водный ч. ГОСТ 4523-77;
 12. Напальчник типа II вида Б ТУ 38.106567-88;
 13. Натр едкий технический ГОСТ 55064-2012;
 14. Натрий серноокислый 10-водный ч. ГОСТ 4171-76;
 15. Натрий хлористый ч.д.а. ГОСТ 4233-77;
 16. Никель двуххлористый 6-водный ч. ГОСТ 4038-79;
 17. Никель серноокислый 7-водный ч. ГОСТ 4465-2016;
 18. Перчатки резиновые ТУ 38-406-236-85;
 19. Полоса 5,0×220 НД НП2 ГОСТ 6235-91;
 20. Средство моющее техническое «Щегол-10» ТУ 2499-016-50973682-2012;
 21. Ткани хлопчатобумажные бязевой группы арт. 244 ГОСТ 29298-2005;
 22. Шкурка шлифовальная М54С 16-П ГОСТ 10054-82;

Перед началом работы необходимо подготовить рабочее место. Обычно важной для обеспечения эксплуатационных характеристик являются одна или несколько поверхностей даже у сложных корпусов и тел вращения, но проще проводить процедуру в ванне с полным окутанием детали, чем изобретать новые технологические процессы, которые могут себя не окупить [3, с. 112].

Рабочий, который будет наносить покрытие должен надеть резиновые перчатки, для соблюдения техники безопасности. Протереть рабочее место салфеткой, смоченной в дистиллированной воде. Почистить анодные штанги шлифовальной бумагой, затем протереть салфеткой, смоченной дистиллированной водой. Протравить никелевые аноды в растворе, состоящим из азотной, ортофосфорной кислот и дистиллированной воды в соотношении 5:95:900 мл. Промыть аноды водой дистиллированной, затем повесить их в ванны анодные штанги. Для травления деталей из меди и ее сплавов приготавливают раствор, состоящий из 50-70 г/л кислоты азотной, 430-450 г/л серной кислоты, 1-5 г/л соляной кислоты и до 1 л. воды дистиллированной. Раствор для активации поверхности деталей приготавливают из серной и соляной кислот в объеме 50-100 г/л и до 1 л. воды дистиллированной. При ухудшении качества травления, раствор необходимо заменить. Электролит для нанесения никелевого покрытия состоит из серноокислого никеля, магния и натрия по 200 и 50 и 70 г/л. Соответственно, а также 30 г/л борной кислоты, 10 г/л хлористого натрия и до 1 л. дистиллированной воды. Важно следить за pH с помощью индикаторной бумаги и вовремя сдавать пробу электролита в лабораторию для анализа состава.

В процессе выполнения технологического процесса покрытия деталей из меди и ее сплавов никелем нужно выполнить определенную последовательность действий. Обезжирить поверхность деталей средством «Декорин» с последующей промывкой деталей. Произвести травление деталей, погрузив их в ванну с рабочим раствором с температурой 15-25 °С. Промыть детали проточной холодной водой 15-30 секунд. Активировать поверхность деталей, погрузив их на 15-60 секунд в ванну с заранее приготовленным раствором, состав которого описан выше. Вновь промыть детали проточной водой и произвести процесс никелирования, для чего нужно включить источник тока ванны никелирования и установить необходимое значение силы тока в зависимости от количества и площади поверхности деталей. Повесить детали на катодные штанги в ванну никелирования с температурой электролита 20-55 °С. Выдержать детали в установленном режиме в течение времени, требуемого для осаждения заданной толщины покрытия. После выдержки необходимо выключить источник тока, извлечь детали и промыть их холодной проточной водой. Необходимо положить детали на фильтровальную бумагу и обдуть сжатым воздухом или высушить с помощью х/б ткани. Последним этапом необходимо проконтролировать качество покрытия всех деталей в партии, прочность сцепления никелевого покрытия. Детали после покрытия никелем показаны на рисунке 2.



Рисунок 2. Детали после покрытия никелем.

Твердость никеля, полученного из электролитов без органических добавок, к которым относятся блескообразователи, смачиватели и выравнивающие добавки, обычно колеблется в пределах 300-400 кгс/мм². При введении добавок твердость повышается до 600-700 кгс/мм². Прочность на разрыв соответственно изменяется от 60 до 175 кгс/мм². Никелевые покрытия имеют пониженную пластичность, но после отжига при 900 °С их пластические свойства значительно улучшаются.

Важным критерием термической обработки никелевых покрытий является тот материал, на которых они нанесены, поэтому стоит рассмотреть виды термической обработки меди и её сплавов, и учесть, чтобы термическая обработка покрытия не сильно повлияла на свойства основного металла. Так же никель как покрытие может в процессе термической обработки выгореть, поэтому важно подбирать правильные режимы нагрева и охлаждения. В таблице 2 показаны зависимость твердости покрытия от температуры термообработки для никелевого покрытия.

Таблица 2. Зависимость твердости покрытия от температуры термообработки.

Температура, °С	Твердость, МПа
200	4500-6000
300	6500-7500
400	7500-9000
600	4500-6500
800	3000-3500
1200	2000-2500

Закалка меди производится при помощи использования метода отжига. Во время термообработки медь можно сделать более мягкой или более твердой в зависимости от того, для чего она будет применяться в дальнейшем. Однако важно помнить, что способ закалки меди значительно отличается от того, при помощи которого закаливается сталь.

Закалка меди происходит при медленном остывании в воздушной среде. Если необходимо получить более мягкую структуру, тогда закалка производится при быстром охлаждении металла в воде сразу же после нагрева. Если нужно получить очень мягкий металл, то следует нагреть медь до красна (это примерно 600°), а затем опустить в воду. После того, как изделие пройдет процесс деформации и приобретет необходимую форму, его можно будет снова нагреть до 400°, а затем позволить остыть в воздушной среде. Отсюда можно сделать вывод, что при таком процессе нагрева невозможно добиться улучшения пластичности как сказано выше, так как закалка меди проходит при температуре до 300 °С меньше. В ущерб этому, мы значительно повышаем твердость меди с покрытием.

Вывод: Совокупность использования гальванических и термических операций на деталях из меди, позволяют значительно повысить качественно-точностные характеристики. Важно подбирать время и режимы нанесения никелевого покрытия и нахождения детали в печи. Оптимальным режимом для получения максимальной твердости и самой детали, и её покрытия будет закалка при температуре 600 °С, что так же позволит получить твердость покрытия 4500-6000 МПа.

Список литературы:

1. Воробьев А.Ф. «Практикум по неорганической химии» – М.: «Химия», 1984 г., 540 с.
2. Лаворко П.К. «Пособие мастеру цеха гальванических покрытий» – М.: "Машиностроение", 1969 г., 272 с., ил.
3. Краснова М. Н., Рассказов А. С. Электрохимическое покрытие металлов// Научные разработки: евразийский регион: материалы международной научной конференции теоретических и прикладных разработок (г. Москва, 31 октября 2018 г.). / отв. ред. Д.Р. Хисматуллин. – Москва: Издательство Инфинити, 2018. – 124 с.

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СООТНОШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ
БИМЕТАЛЛТЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ**

Теплухин Василий Гельевич

Кандидат технических наук,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург

Шабалин Дмитрий Николаевич

Кандидат технических наук, доцент

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен метод измерения плотности для определения количественного соотношения материалов в биметаллических конструкциях сложной конфигурации. Проверка метода и его оценка проведена на сталь-алюминиевых радиаторах отопления. Эффективность метода применительно к металлическому лому и отходам подтверждена на примере шарошечных буровых долот.

ABSTRACT

Densitometric method is considered to determinate alloys ratio for complex bimetallic construction. Method is tested and estimated on aluminum/steel heat radiator. The efficiency of application for scrap and waste metal is approved for example of toothed roller bits.

Ключевые слова: биметаллический, плотность, металлический лом, шарошечные долота, радиаторы отопления.

Keywords: bimetal, density, scrap, toothed roller bits, heat radiators

Введение

Для определения массогабаритных и теплофизических параметров изделий, изготовленных из неразъемных частей двух разных металлических материалов, а также для технико-экономического анализа при реверсивном инжиниринге импортной техники имеет значение количественное определение соотношения использованных материалов. Задача является актуальной и при квалификации импортируемых изделий с точки зрения внешнеэкономической деятельности.

Наиболее очевидным, но трудозатратным и не достаточно корректным является путь механического или химического разделения частей изделия из разных материалов. При несложной конструкции изделия не трудно произвести измерение линейных размеров (толщин, длин, диаметров) составных частей и рассчитать относительный вес по объемам и плотности. Однако в случае более сложной геометрии (частей со сложной формой, переменных толщин, наличия проточек, канавок) необходим выбор другой методики определения относительного содержания материалов.

На первом этапе работы ставилась задача, разработки методики и определения относительного содержания алюминиевого сплава и стали в представленном для исследования фрагменте радиатора отопления. Исследование проводилось для предоставления объективной информации органам Федеральной таможенной службы России об изделиях, ввозимых из Китая.

В дальнейшем была предложена гораздо более актуальная область применения рассматриваемой методики – заготовка, переработка и реализация лома и отходов черных и цветных металлов.

Актуальность и перспективы разработки

В аспекте рассматриваемой задачи к биметаллическим следует относить все конструкции, состоящие из составных частей, изготовленных из двух различных материалов (металлов или сплавов) и связанных неразъемными соединениями. Область применения биметаллических материалов достаточно широка. По назначению все производимые в настоящее время биметаллы можно подразделить на следующие виды: коррозионностойкие, антифрикционные, электротехнические (проводниковые и контактные), инструментальные, износостойкие, термобиметаллы [5, с.2]. В электротехнической аппаратуре термобиметаллы выполняют функции измерительного, компенсационного, регулирующего или защитного элемента [3]. Способы изготовления биметаллических конструкций чрезвычайно разнообразны от механического соединения (например, холодная запрессовка), классических металлургических операций (литье двухслойных заготовок для дальнейшей пластической деформации, прокатка, наплавка) до мало изученных взрывных технологий и аддитивного производства. Давно нашли применение алюминиевые конструкции, армированные стальной проволокой. По сути, любые армированные металлические конструкции могут быть отнесены к биметаллическим композициям.

Количественная оценка соотношения составляющих в сложных изделиях на стадии разработки и эксплуатации чаще всего трудности не представляет. Исключение составляют случаи реверсивного инжиниринга продукции конкурентов и иногда таможенное оформление. При этом, как правило, получить нужную часть конструкторской документации не представляется возможным. Для изделий простой геометрической формы (плиты с плакиро-

ванным слоем, биметаллическая полоса, двухслойные трубы и другие) достаточно провести измерения и получить данные расчетным путем.

Проблема возникает на стадии переработки и утилизации биметаллов. А именно на этой стадии жизненного цикла продукции она наиболее актуальна.

Лом и отходы черных и цветных металлов по-прежнему остаются значительной составляющей структуры рынка металлургического сырья. Но в последние два-три десятилетия рынок вторичных металлов стал более гибким, ориентированным на требования разнообразных потребителей. Гораздо большее внимание стало уделяться подготовке сырья и, в первую очередь, точности определения усредненного химического состава конкретной партии.

После многолетней эксплуатации за счет износа, поломок и других эксплуатационных

факторов изначальное соотношение составляющих в биметаллических конструкциях может существенно изменяться. Нами был изучен материал, в наибольшей степени подверженный подобным изменениям, и представляющий собой распространенный вид лома цветных металлов. Это лом буровых шарошечных долот.

Конструкция шарошечных долот [4] представлена на рис. 1.

Зубья шарошек изготавливаются из твердого сплава, практически всегда из ВК6 или ВК8. Шарошки и лапы – из хромоникелевой стали 30ХН3А.

В процессе работы как зубья, так и шарошки подвергаются сильному износу, степень которого определяется видом обрабатываемых пород и сроком эксплуатации.

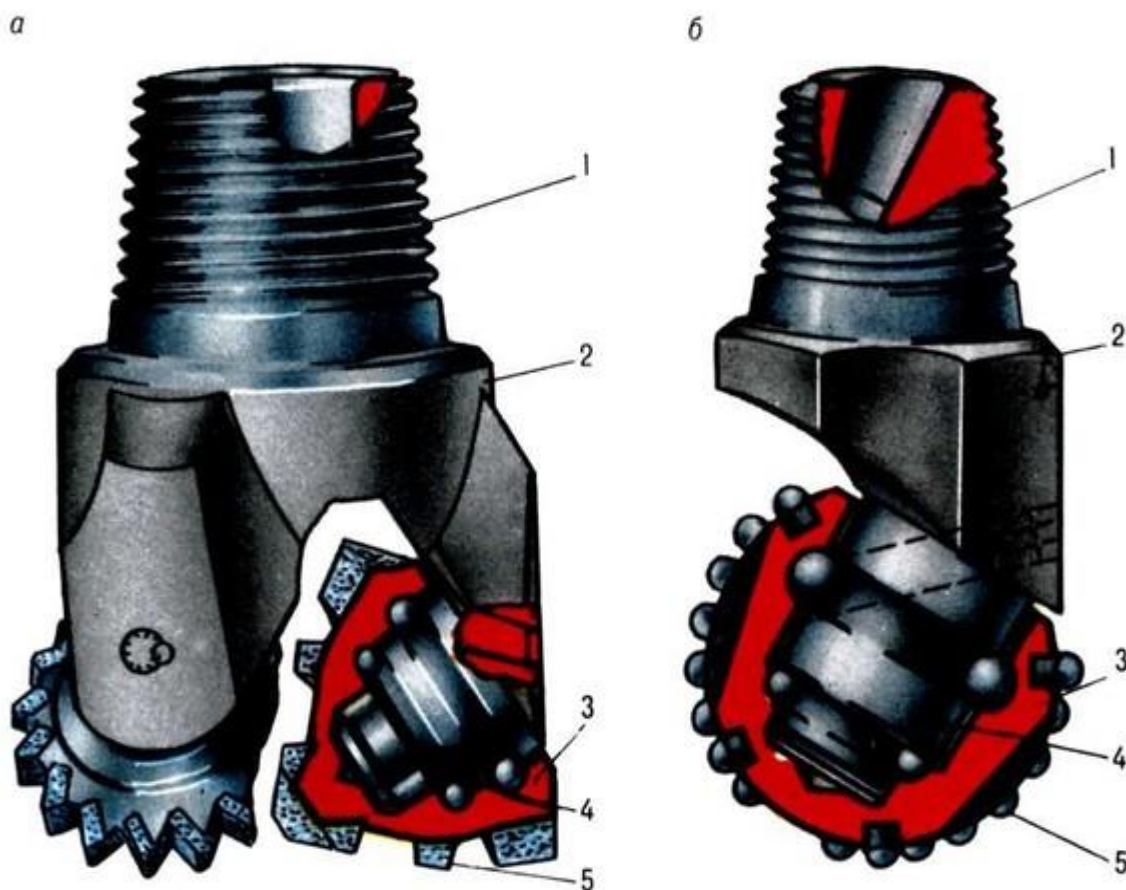


Рис. 1. Шарошечные долота: а - трёхшарошечное; б - одношарошечное; 1 - наружная конусная соединительная резьба (ниппель); 2 - секция (лапа) долота; 3 - шарошки; 4 - опора долота; 5 - зубья шарошек.

Наиболее ценным сырьем являются твердосплавные зубки. Существуют различные технологии извлечения зубков из шарошек, связанные с химическим растворением, объемной закалкой или закалкой токами высокой частоты, механической и виброобработкой, а также сочетанием различных способов. Но ни один из них не обеспечивает достаточно полного извлечения зубков. Часть из них остается в теле шарошки. Лом легированной стали,

из которой изготовлены сами долота, безусловно, также представляет интерес. Присутствие неопределенного количества вольфрама значительно снижает цену реализации лома хромоникелевой стали.

По оценкам заготовителей процентное содержание извлекаемого твердого сплава может быть от 2 до 7%. Степень извлечения может быть очень раз-

ной. Нетрудно понять, что массовая доля вольфрама в партии, поступающей для переплава, отличается на несколько процентов.

Многие предприятия, занимающиеся сбором и переработкой лома цветных металлов, не имеют возможности реализовать сложные технологии извлечения зубков. Но в этом случае проблема становится даже более актуальной, так как оценке подвергаются обе составляющие – твердый сплав и легированная сталь.

Методика и результаты эксперимента

Была поставлена задача выбора простой и экономичной (по времени и материалам) методики определения содержания твердого сплава в ломе шарошечных долот.

Отработка и сравнительная оценка метода, основанного на измерении плотности (далее – денситометрического), проводилась путем определения

относительного содержания алюминиевого сплава и стали в биметаллической конструкции радиатора отопления.

Для исследований был представлен фрагмент конструкции радиатора отопления (рис. 2), изготовленного из стальных труб и алюминиевого сплава.

Для оценки сложности конструкции было произведено ее механическое разделение на три части. Исследование четырех полученных плоскостей сечения позволило определить, что конструкция не является сложной, она состоит из двух параллельных стальных труб большего диаметра и перпендикулярной им стальной трубы меньшего диаметра, соединенных с частями из алюминиевого сплава методом литья под давлением. Обе трубы по всей длине имеют одинаковый диаметр и толщину стенки.



Рис. 2. Вид фрагментов конструкции радиатора после механического разделения.

В этом случае вполне допустимо определение относительного содержания материалов конструкции путем измерения линейных размеров, производимое в следующей последовательности:

- измерение длины, диаметра и толщины стенки трубы большего диаметра;
- измерение длины, диаметра и толщины стенки трубы меньшего диаметра;
- расчет объема, занимаемого в конструкции стальными частями;
- расчет веса стальных частей конструкции;
- взвешивание всех частей конструкции;
- расчет веса алюминиевой части конструкции путем вычитания рассчитанного веса стальных частей;
- расчет относительного содержания алюминиевого сплава и стали в биметаллической конструкции.

Для сравнения был применен денситометрический метод определения относительного содержания разных материалов в неразъемной конструкции. Поскольку известны плотности алюминиевого сплава и углеродистой стали, применявшихся при

изготовлении радиатора отопления, достаточным являлось проведение следующих операций:

- взвешивание частей фрагмента конструкции;
- определение объема частей фрагмента конструкции путем измерения объема вытесненной жидкости при погружении в нее исследуемых частей;
- расчет относительного содержания материалов конструкции с использованием уравнений:

$$\rho_{Al} V_{Al} + \rho_{Fe} V_{Fe} = M \quad (1)$$

$$V_{Al} + V_{Fe} = V \quad (2)$$

ρ_{Al} – плотность алюминиевого сплава; V_{Al} – объем алюминиевых частей; ρ_{Fe} – плотность стали; V_{Fe} – объем стальных частей; M – общая масса; V – общий объем.

Исходные данные для определения относительного содержания алюминиевого сплава и стали в представленном образце:

Алюминиевый сплав – АС12. Плотность 2650 кг/м³.

Сталь – углеродистая сталь 0,2 % С. Плотность 7859 кг/м³.

Общая масса фрагмента – 1,285 кг; Общий объем фрагмента – 308 см³.

Диаметр труб:

- 38 мм, толщина стенки 2,5 мм;

- 18 мм, толщина стенки 2,0 мм;

Длина труб большего диаметра 158 мм. Длина трубы меньшего диаметра 470 мм.

Результаты, полученные методом определения линейных размеров.

Объем стальной части конструкции – 91,26 см³.

Масса стальной части конструкции – 0,717 кг.

Массовая доля стали в конструкции – 55,8 %.

Результаты определения денситометрическим методом.

Из решения уравнений (1) и (2) получаем:

Объем стальной части конструкции – 89,9 см³.

Масса стальной части конструкции – 0,708 кг.

Массовая доля стали в конструкции – 55,1 %.

Видно, результаты измерений, проведенных обоими методами хорошо коррелируют. Однако денситометрический метод следует признать более универсальным.

Для определения доли твердого сплава в партии лома шарошечных долот применим только метод измерения плотности.

Для измерения объема использовалась стальная емкость диаметром 1000 мм и высотой 1000 мм. Толщина стенок 5 мм.

В нижней части боковой стенки на расстоянии 10-15 мм от уровня дна приварен патрубок с запорным вентилем для слива жидкости. Такой же патрубок расположен на высоте 600 мм от уровня дна и предназначен для обеспечения постоянного уровня жидкости в исходном положении при измерениях (рис. 3). В качестве жидкости использовалась водопроводная вода.

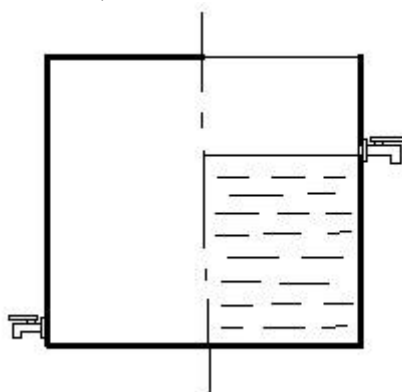


Рис. 3. Схематическое изображение емкости для измерения объема.

Измерения проводились следующим образом:

- Закрывался вентиль верхнего патрубка. Емкость заполнялась водой до уровня немного выше положения верхнего патрубка. После открытия вентиля верхнего патрубка часть жидкости выпускалась до прекращения ее течения для установления постоянного уровня жидкости в емкости;

- Вентиль закрывался и в емкость загружался предварительно взвешенный лом шарошечных долот (часть партии по размеру емкости);

- По окончании загрузки части партии лома верхний вентиль открывался и вытекающая вода

собиралась в тару для определения объема. Окончание течения воды означало, что ее уровень достиг исходного, и собранное количество воды по объему равно объему, вытесненной металлом жидкости;

- Объем вытесненной жидкости определялся с точностью до 100 мл.

Операции повторялись, если этого требовал объем партии. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Плотность материалов принималась:

Сталь 30ХН3А – 7850 кг/см³ [2];

Твердый сплав ВК6, ВК8 – 14800 кг/см³ [1]

Таблица 1. Результаты определения содержания твердого сплава в партии лома шарошечных долот.

Часть партии долот № пп	Масса шарошечных долот, кг	Объем вытесненной жидкости, л	Масса твердого сплава, кг	Массовая доля твердого сплава, %
1	950	119,2	30,4	3,2
2	1080	134,7	48,1	4,6
3	879	109,6	39,7	4,5
4	818	103,0	20,1	2,5
5	950	120,1	15,4	1,6
Всего	4677		153,7	3,3

Обсуждение результатов и выводы

Из приведенных результатов видно, что доля твердого сплава достаточно сильно различается в

пределах исследованной партии лома. И возможна не только предварительная оценка, но и сортировка материала. При реализации конкретной изученной

партии продажная цена реализации выросла на 20% по сравнению с ранее оговоренной именно за счет предоставления покупателю объективной информации.

Следует признать, что данный метод практически не применим при анализе состава биметаллов с близкими значениями плотности, например углеродистая и нержавеющая стали. Но существует достаточно много сочетаний, где метод может с успехом применяться. Широко распространено армирование алюминиевых сплавов стальным каркасом, сочетание сталь-титан в коррозионностойких и облегченных конструкциях. Представляет интерес определение составляющих в изношенных биметаллах подшипников скольжения.

ВЫВОДЫ:

Метод измерения плотности сложных биметаллических конструкций для определения количественного соотношения составляющих является наиболее универсальным в случае достаточной разности плотности составляющих;

Применение денситометрического метода является эффективным инструментом для анализа и

переработки вторичных металлов. Реализация метода может быть простой и экономичной.

Список литературы

1. ГОСТ 3882 – 74 .Сплавы твердые спеченные. Марки. – Москва: Изд-во стандартов, 2008. – 10 с.
2. Марочник сталей и сплавов. / ред. Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко. - 4-е изд., переработ. и доп. - М.: 2014. - 1216 с.
3. Михайлов Н.П. К вопросу использования биметаллов в нагревательных приборах //Технологические проблемы сервиса. - 2010. - № 4 (14). — С. 26–28.
4. Середа Н. Г., Муравьев В. М. Основы нефтяного и газового дела: учебник для вузов / Н.Г. Середа, В.М. Муравьев.- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. – 287 с.
5. Сиротенко Л.Д. Применение биметаллических материалов в машиностроении / Л.Д. Сиротенко, Е.С. Шлыков, .Р. Абляз // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 2. - С. 163-170.

EVALUATION DEFORMATIONS OF THE TRANSITIONAL ZONE BETWEEN EMBANKMENT AND BRIDGE FOR HIGHSPEED RAILWAY.

Ulanov I.S.

First vice chief engineer

«China Railway Eryuan Engineering Group» Co.Ltd, Moscow

Gorlov A.V.

Lead engineer-geotechnical

«China Railway Eryuan Engineering Group» Co.Ltd, Moscow

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИИ УЧАСТКА ПЕРЕХОДНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ИССО ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ.

Уланов Иван Сергеевич

Первый заместитель главного инженера

ООО Китайская Инженерная Железнодорожная Корпорация «ЭР ЮАНЬ»,

г. Москва

Горлов Александр Вячеславович

Ведущий инженер-геотехник

ООО Китайская Инженерная Железнодорожная Корпорация «ЭР ЮАНЬ»,

г. Москва

SUMMARY.

The article is about the calculation of deformation in the structural and exploitation period on the transitional zone between embankment and bridge for highspeed railway. The calculations are performed by the numerical method in the Plaxis program, taking into account the mutual settlement of bridge supports and approach embankment. The particular cases are considered for the design of highspeed railway Moscow-Kazan. Based on the research, made recommendations for construction solutions of transitional zones between embankment and bridge.

АННОТАЦИЯ.

Статья посвящена расчетам деформаций, возникающих в строительных и эксплуатационный периоды на участках переходной жесткости с земляного полотна на искусственное сооружение – мост в условиях высокоскоростного движения поездов. Расчеты выполняются численным методом в программном комплексе Plaxis с учетом взаимного влияния осадок устоев и промежуточных опор мостов и насыпей на подходах. Рассмотрены конкретные случаи на проектируемой высокоскоростной магистрали ВСМ Москва-Казань. На основе произведенных исследований выдвинуты рекомендации по назначению конструктивных решений на участках переходной жесткости.

Key words: Highspeed railway, deformations, settlement, transitional zone, embankment, bridge, numerical simulation.

Ключевые слова: высокоскоростная магистраль, деформации, осадка, участок переходной жесткости, земляное полотно, мост, численное моделирование.

Постановка проблемы: Основные предпосылки развития ВСМ – это безопасность, надежность и комфортность, которые обеспечиваются высоким качеством и надежностью всех элементов системы железной дороги. Опыт эксплуатации и результаты многочисленных исследований показывают, что резкое изменение жесткости подрельсового основания на стыке земляного полотна и искусственного сооружения (далее ИССО) приводит к неравномерным осадкам конструкции и прогибам поверхности катания головки рельса, что в свою очередь значительно снижает плавность хода подвижного состава. Особенно это актуально в условиях высокоскоростного движения. В свете реализации международного проекта высокоскоростного движения «Один пояс – один путь» настоящие исследования в области деформативности конструкции переходного участка являются особенно актуальными.

Анализ последних исследований в области изучения влияния неравномерности жесткости на стыке земляного полотна и ИССО.

Большая работа по исследованию деформативности и рациональной конструкции участка переменной жесткости системы «земляное полотно» для ВСМ [1] была выполнена в Юго-Западном транспортном университете в г. Ченду профессором Ло Цян и Цай Ин. В данной работе проводился анализ динамических характеристик высокоскоростного поезда, проходящего через участок переменной жесткости с учетом динамического взаимодействия большой системы «поезд-рельсы-земляное полотно».

Результаты работы показали значительное влияние неравномерной осадки на высокоскоростное движение и динамические параметры взаимодействия подвижного состава и рельса. На основе исследований были получены методы определения предела деформаций и длины участка переменной жесткости.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Однако, ранее не были решены вопросы оценки и анализа совместной деформации устоя и земляного полотна на подходе к ИССО. Поэтому, исходя из вышеупомянутых положений, перед нами стояла задача определения осадок земляного полотна и устоя моста, при их совместной работе как в строительный период с учетом этапности

сооружения конструкции, так и в период эксплуатации с учетом взаимодействия с безбалластной конструкцией верхнего строения пути.

Цель работы заключалась в оценке деформативности конструкции участка переходной жесткости (далее УПЖ) земляного полотна и ИССО при безбалластной конструкции верхнего строения пути.

Для этого было выполнено численное моделирование в программном комплексе Plaxis поэтапного возведения конструкции УПЖ и примыкающих элементов, моделирование нагружения конструкции УПЖ для условий высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург и моделирование периода эксплуатации.

Моделирование проводилось при различных типах основания (с усилением сваями CFG; без усиления). В статье приведены результаты расчетов, затухания вертикальных деформаций в конструкции УПЖ земляного полотна при различных типах основания.

Была выполнена проверка запроектированной конструкции УПЖ высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург определенной СТУ «Земляное полотно участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург, с учётом требований по деформативности земляного полотна и обеспечения заданных геометрических параметров земляного полотна.

Расчетные модели для численного моделирования участков сопряжения земляного полотна и устоев были выполнены на основе двух характерных продольных сечений примыкания земляного полотна к устою мостового перехода:

- 1) Участок переходной жесткости перед устоем на км 439, при этом земляное полотно, примыкающее к устою на данном участке располагается на композитном основании усиленном сваями.
- 2) Участок переходной жесткости перед устоем на км 426 без усиления основания земляного полотна на подходе.

Переменная жесткость земляного полотна создается за счет отсыпки насыпи на подходе к искусственному сооружению из грунта улучшенных свойств переменной толщины в виде трапеции с меньшим основанием по подошве (Рисунок 1).

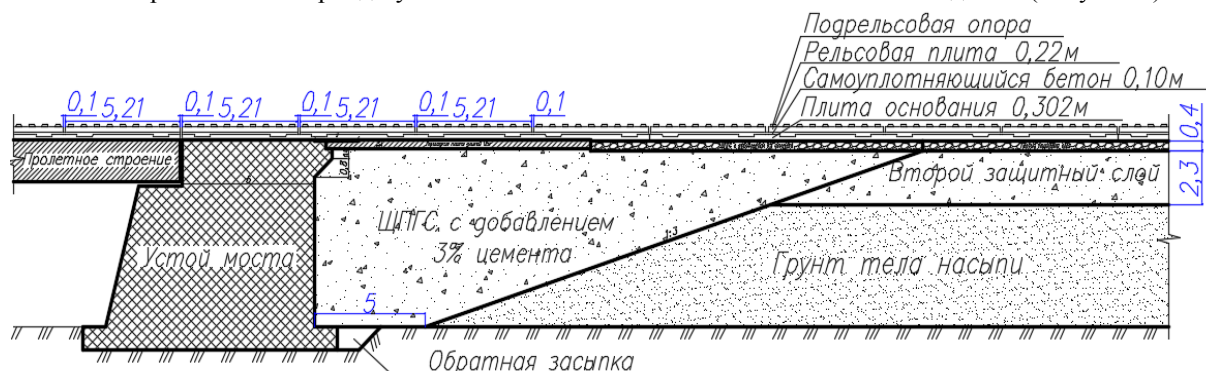


Рисунок 1. Совместная конструкция участка переходной жесткости без балластного верхнего строения пути и земляного полотна

Первый защитный слой переходного участка соответствует требованию первого защитного слоя стандартной насыпи с содержанием 5% цемента.

Для нижней части переходного участка применяется ЩПГС с примесью 3% цемента. Параметры грунтов участка переменной жесткости соответствуют таблице 1.

Таблица 1. Параметры грунтов участка переменной жесткости

Место заполнения	Первый защитный слой	Переходной участок
Сортамент заполнителей	ЩПГС с примесью 5% цемента	ЩПГС с примесью 3% цемента
Вторичный модуль деформации, МПа	≥ 120	≥ 80
Коэффициент уплотнения	≥ 1.0	≥ 1.0

Геометрические параметры, принятые для расчетных сечений приведены в таблице 2. Продольные и поперечные профили, принятые для численного моделирования приведены на рисунках 2-3.

Таблица 2. Геометрические параметры, принятые для расчетных сечений

КМ	Высота насыпи	Толщина первого защитного слоя	Толщина второго защитного слоя	Крутизна откосов насыпи	Ширина основной площадки	Ширина конструкции БВСП	Длина УПЖ	Заложение УПЖ	Длина свай CFG
	$H_n, \text{ м}$	$h_{зс1}, \text{ м}$	$h_{зс2}, \text{ м}$	$1:m$	$b, \text{ м}$	$b_{всп}, \text{ м}$	$l_{упжс}, \text{ м}$	$1:m$	$L_{св}, \text{ м}$
КМ 439	8,00	0,4	2,3	1:1,75	14,2	3,2	27,6	1:3	18
КМ 426	8,01	0,4	2,3	1:1,75	14,2	3,2	26,6	1:3	-

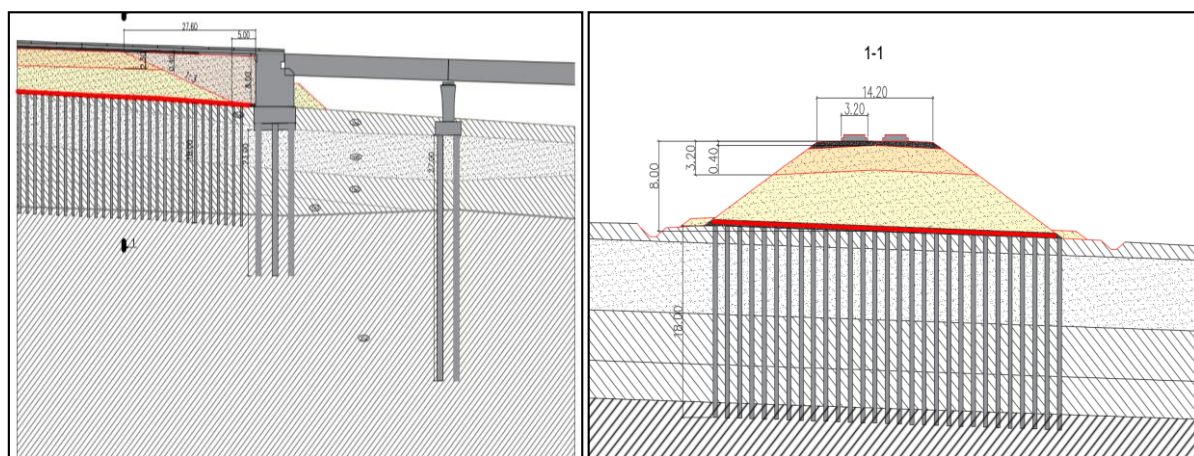


Рисунок 2. Расчетные сечения участка переходной жесткости км 439

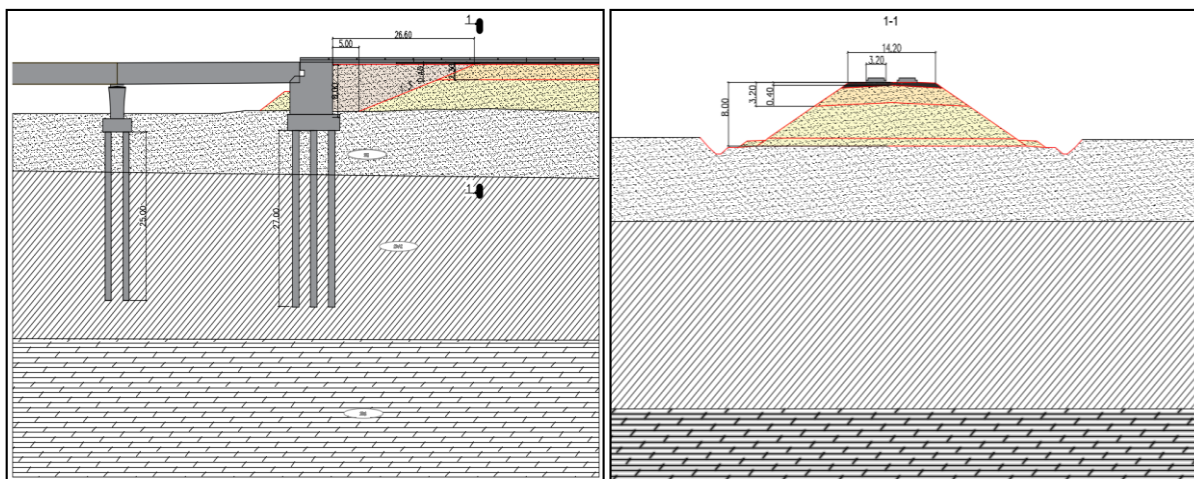


Рисунок 3. Расчетное сечение участка переходной жесткости км 426

Таблица 3. Параметры промежуточных опор и устоев, принятые для расчетов в расчетах

Км 439	Км 426
Параметры промежуточной опоры, принятые в расчете: - количество свай БНС – 6 шт.; - длина БНС – 37 м; - несущая способность БНС – 905 т.с.; - расчетная нагрузка по подошве – 809 т.с. Параметры устоя, принятые в расчете: - количество свай БНС – 9 шт.; - длина БНС – 23 м; - несущая способность БНС – 755 т.с.; - расчетная нагрузка по подошве – 686 т.с.	Параметры промежуточной опоры, принятые в расчете: - количество свай БНС – 11 шт.; - длина БНС – 25 м; - несущая способность БНС – 597 т.с.; - расчетная нагрузка по подошве – 540 т.с. Параметры устоя, принятые в расчете: - количество свай БНС – 9 шт.; - длина БНС – 27 м; - несущая способность БНС – 684 т.с.; - расчетная нагрузка по подошве – 661 т.с.

На участке переходной жесткости перед устоем на км 439 в основании насыпи были смоделированы буронабивные сваи CFG диаметром 0,5 м с шагом 1,5 м между осями свай с укладкой гибкого ростверка (рисунки 2, 3). Гибкий свайный ростверк представляет собой два слоя георешетки с засыпкой щебеночно-песчано-гравийной смеси (ЩПГС) между слоями. Толщина слоев ЩПГС – 0,2 м.

Нагрузки от верхнего строения пути: принята модель конструкции БВСП типа CRTS III RUS.

Конструкция БВСП приведена на рисунке 4. Поперечное сечение конструкции БВСП приведено на рисунке 9.

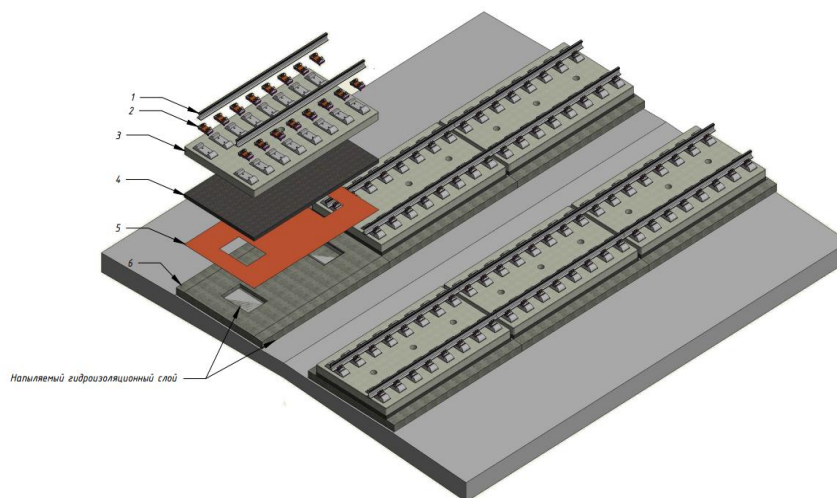


Рисунок 8 Конструкция БВСП

Поперечное сечение плитного безбалластного рельсового пути типа CRTS III R (прямой участок)

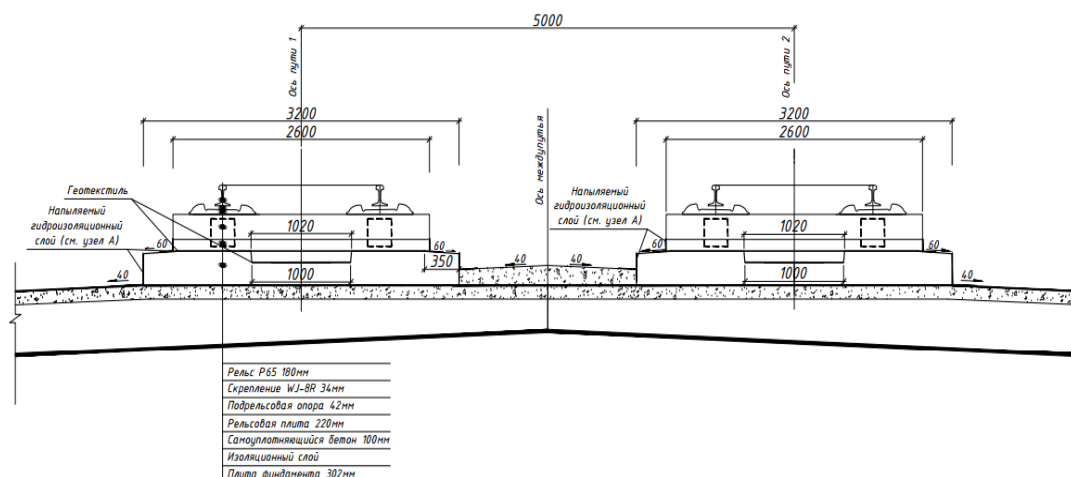


Рисунок 9 Поперечное сечение конструкции БВСП

При создании модели БВСП учитывалась геометрия конструкции верхнего строения пути и характеристики материалов.

При расчетах продольного сечения принимался вес от БВСП, приведенный на всю ширину основной площадки земляного полотна.

Расчеты периода эксплуатации выполнялись при нагружении временной распределенной нагрузкой (нагружение расчетной нагрузкой от высокоскоростного подвижного состава типа CRH380 со скоростью 350 км/ч).

В качестве расчетной нагрузки от высокоскоростного подвижного состава принята полосовая распределенная нагрузка равная 40,4 кН/м², передающаяся на основную площадку земляного полотна, согласно ТВ 10106-2010. При расчетах продольного сечения принималась поездная нагрузка, приведенная на всю ширину основной площадки земляного полотна.

Характеристики грунтов основания приведены в таблице 4.

Таблица 4. Характеристики грунтов основания

Наименование грунта	ИГ Э	Удельный вес грунта	Удельный вес водонасыщенного грунта	Кэфф.и. фильтрации	Модуль общ. деформации	Кэфф.и. Пуассона	Удельное сцепление	Угол внутр. трения	Эфф. угол дилатансии,	Плотность грунта	Плотность частиц грунта	Кэфф.и. пористости	Удельный вес грунта, взвеш. в воде
		$\gamma_{unsat},$ кН/М ³	$\gamma_{sat},$ кН/М ³	$K,$ м/су m	$E,$ МПа a	ν	$c,$ кН/ М ²	$\phi,$ °	$\psi,$ °	$\rho,$ г/см ³	$\rho_s,$ г/см ³	e	$\gamma_{sb},$ кН/М ³
Км 439													
Суглинок легкий полутвердый	10 ж2	18,91	20,16	0,05	22	0,36	23	20	0	1,93	2,69	0,61	10,16
Суглинок легкий тугопластичный	10 ж3	18,82	19,92	0,05	18	0,36	16	18	0	1,92	2,7	0,66	9,92
Супесь пластичная	10е2	18,72	20,23	0,2	14	0,34	12	17	0	1,91	2,69	0,6	10,23
Глина полутвердая	23з2	17,93	19,20	0,005	31	0,4	38	18	0	1,83	2,72	0,81	9,20
Км 426													
Песок мелкий средней плотности	3б2	18,82	19,45	1,49	21	0,3	5	32	2	1,92	2,66	0,7	9,45
Глина полутвердая	23зА2	19,11	19,41	0,0001	30	0,4	43	21	0	1,95	2,74	0,79	9,41
Известняк низкой прочности	23ц6	18,20	-	-	270	0,31	-	-	0	-	-	1	-

Расчет выполнен с использованием метода конечных элементов, реализованным в программном комплексе Plaxis 2D.

В расчетной схеме реализована совместная работа участка переменной жесткости и примыкающих к нему устоя и участка земляного полотна.

Для проверки адекватности модели были выполнены расчеты по поперечному сечению 1-1 (см. рисунок 2-3). Положение данного сечения принято на таком расстоянии, при котором исключено влияние устоя, так как в данной плоскости (поперечное

сечение земляного полотна) невозможно учесть ограничение горизонтальных перемещений в зоне устоя за счет наличия жесткого тела (устоя). Поэтому для проверки принято сечение (1-1 рис.2-3), которое и в продольном и в поперечном направлении работает одинаково.

Этапы моделирования при выполнении расчетов соответствуют этапности возведения конструкции, согласно технологии строительства ВСМ.

До начала моделирования строительства вводятся период консолидации этот период необходим

для того, чтобы рассеялось избыточное поровое давление в грунтах основания и основание было заведомо консолидировано («слежавшееся»).

Моделирование состоит из двух периодов – строительный период и период ввода поездной нагрузки (эксплуатационный). Строительный период включает 8 этапов:

- устройство свай и ростверка под устоя и промежуточную опору (50 суток);
- устройство устоя и опоры (30 суток);
- устройство свайного основания земляного полотна (14 суток);

- устройство гибкого свайного ростверка (3 суток);
- отсыпка и уплотнение тела насыпи, защитных слоев, (30 суток);
- период консолидации (180 суток);
- установка пролетных строений (2 суток);
- устройство ВСП, обкатка (30 суток).

Итого строительный период составил 339 дней.

Период эксплуатации включает 1 этап: - ввод поездной нагрузки (100 лет).

Результаты расчетов сведены в таблице 5, отчеты расчетов приведены на рисунках 10-13.

Таблица 5. Результаты численного моделирования

Параметр	Участок км 439 (сваи в основании ЗП)	Участок км 426	Требования СТУ «Земляное полотно» [1]
Суммарная осадка УПЖ за строительный период в сечении у устоя, мм	50,2	72,8	-
Суммарная осадка устоя за строительный период, мм	41,0	64,2	-
Суммарная осадка за строительный период в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	97,5	79,5	-
Осадка УПЖ за эксплуатационный период в сечении у устоя, мм	6,9	2,8	≤ 15
Осадка устоя за эксплуатационный период, мм	4,9	1,0	≤ 15
Разница в осадках земляного полотна и ИССО в зоне их сопряжения за период эксплуатации, мм	2,0	1,8	≤ 5
Осадка за эксплуатационный период в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	13,7	8,6	≤ 15
Уклон отвода эксплуатационной осадки, ‰	0,25	0,22	≤ 0,25
Общая осадка УПЖ на период окончания моделирования в сечении у устоя, мм	57,1	77,3	-
Общая осадка на период окончания моделирования в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	111,3	88,5	-

Максимальные осадки основной площадки земляного полотна от поездной нагрузки в период эксплуатации не превышают максимально допустимые, регламентируемые СТУ [2].

Согласно расчетам, максимальная накопленная остаточная деформация основной площадки

участка переходной жесткости за весь срок ее полезного использования обеспечивает возможность устранения просадок путем регулировки креплений и не превышает 15 мм.

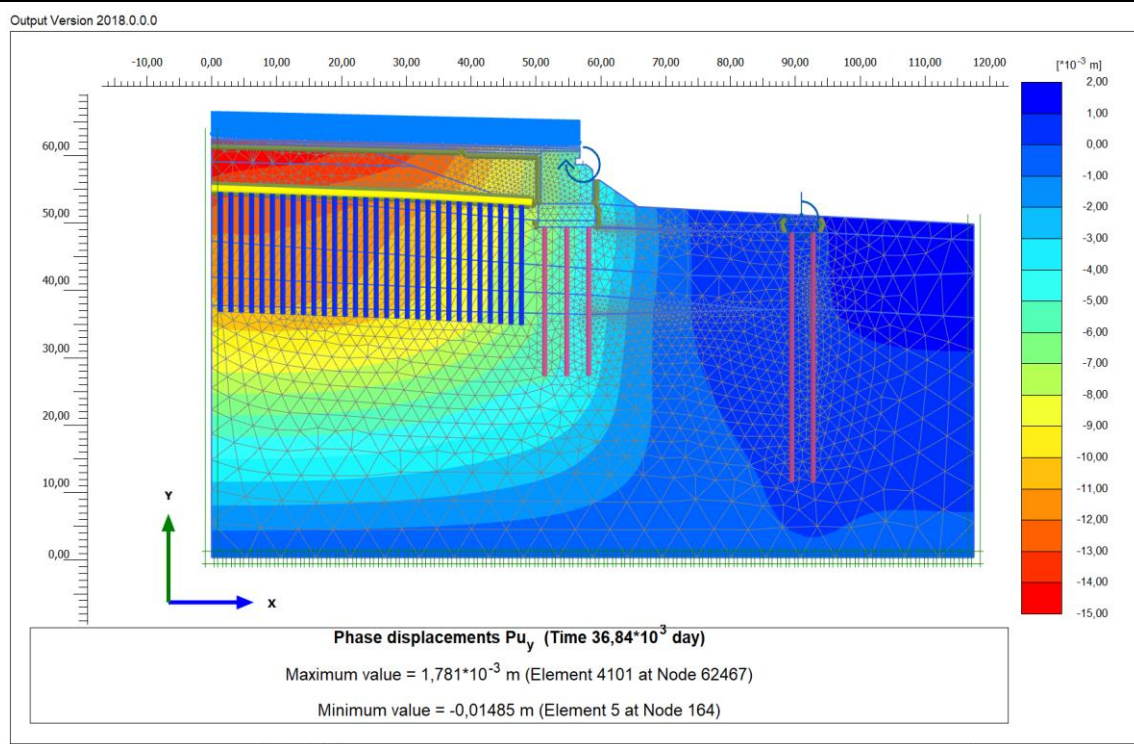


Рисунок 10. Изолинии вертикальных деформаций за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 439.

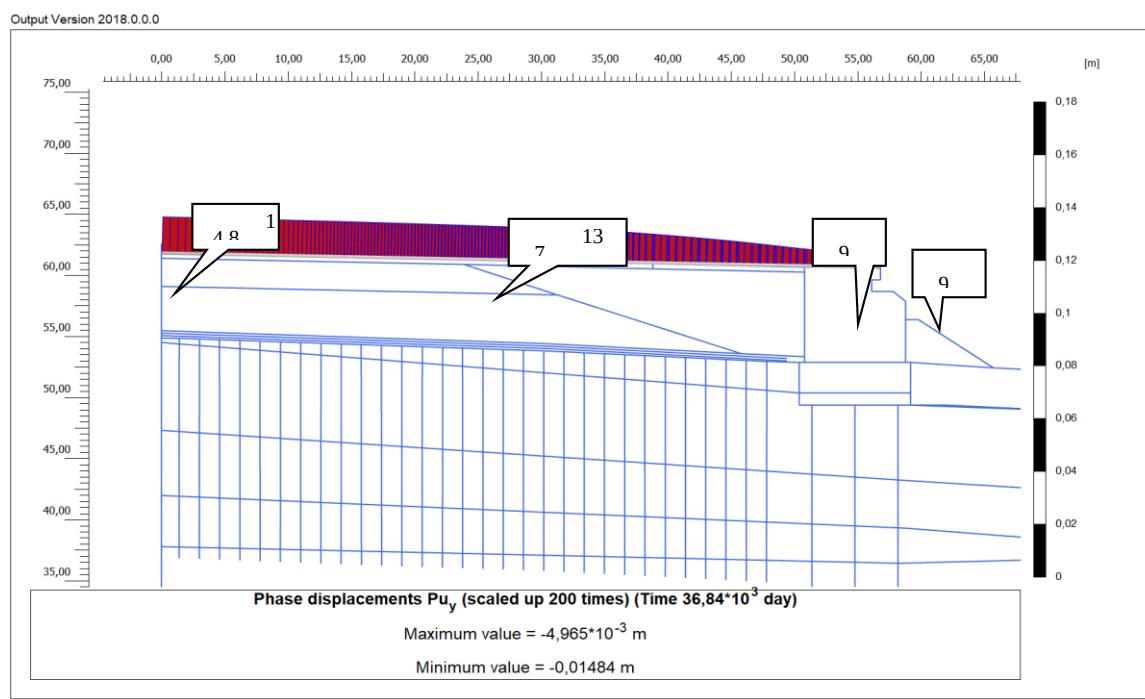


Рисунок 11. Эюра осадок основной площадки за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 439.

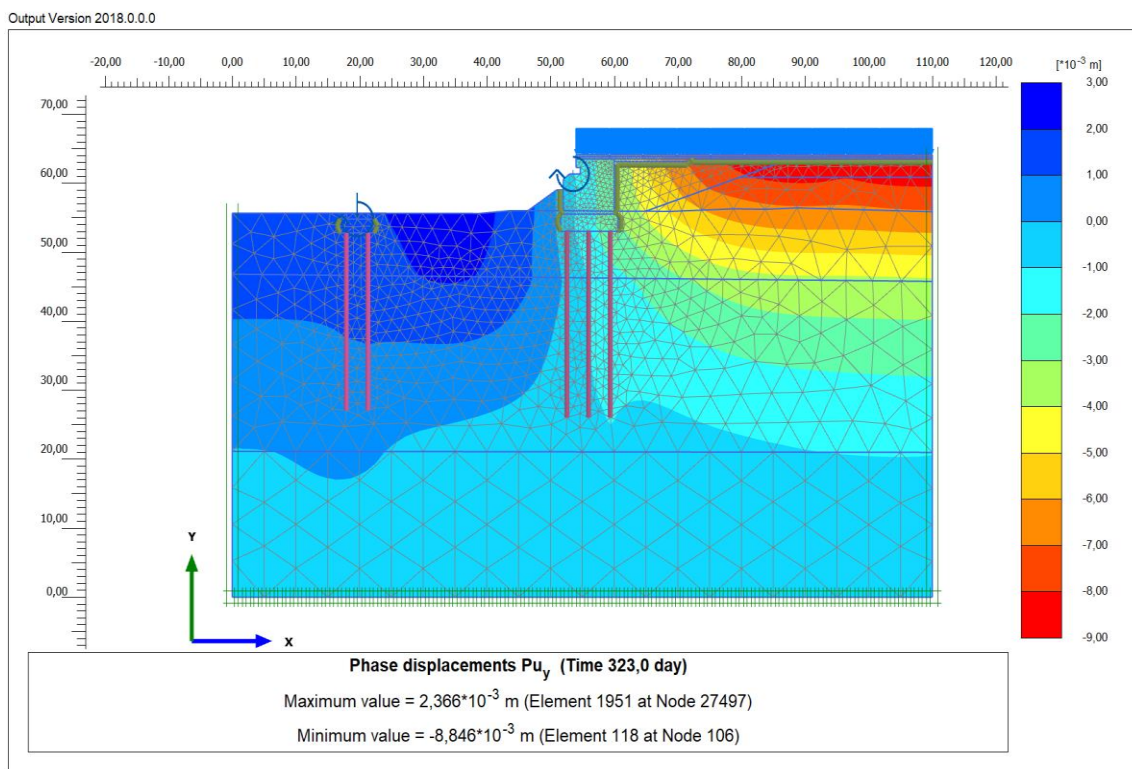


Рисунок 12. Изолинии вертикальных деформаций за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 426.

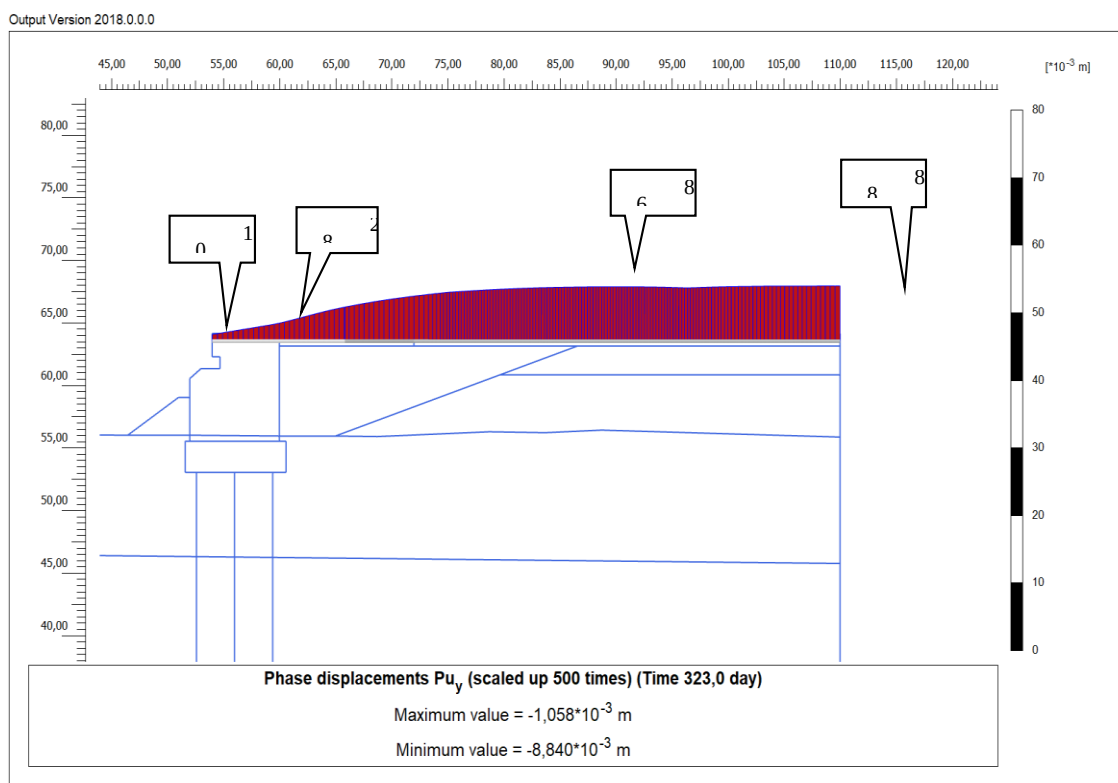


Рисунок 13. Эюра осадок основной площадки за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 426.

Разница в осадках земляного полотна и ИССО в зоне их сопряжения на момент окончания срока эксплуатации не превышает 5 мм и составляет 2 мм.

Прослеживается зависимость снижения осадочности земляного полотна на участке переходной

жесткости. В продольном направлении: уклон, вызванный осадкой, равен 0,25 ‰, что соответствует требованиям СТУ [1].

Расчеты по поперечным сечениям выполнены для проверки адекватности моделей (Рисунок 14-15).

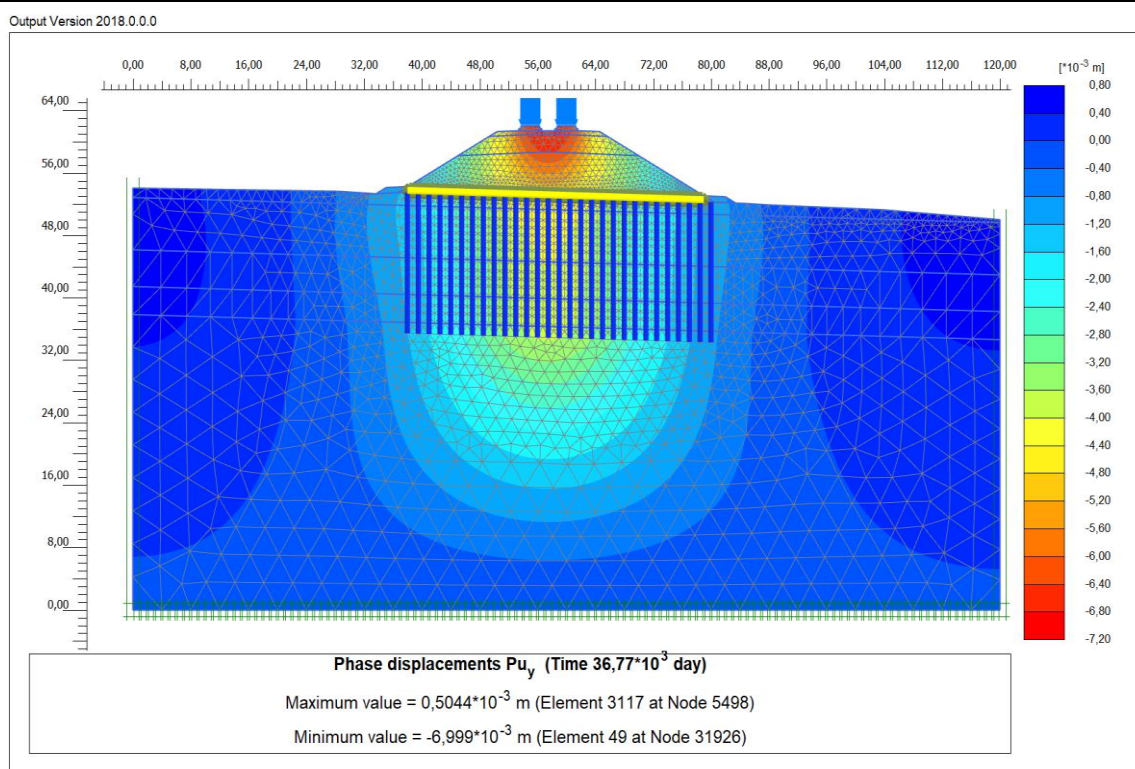


Рисунок 14. Изолинии вертикальных деформаций за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 439.
(Проверочное поперечное сечение)

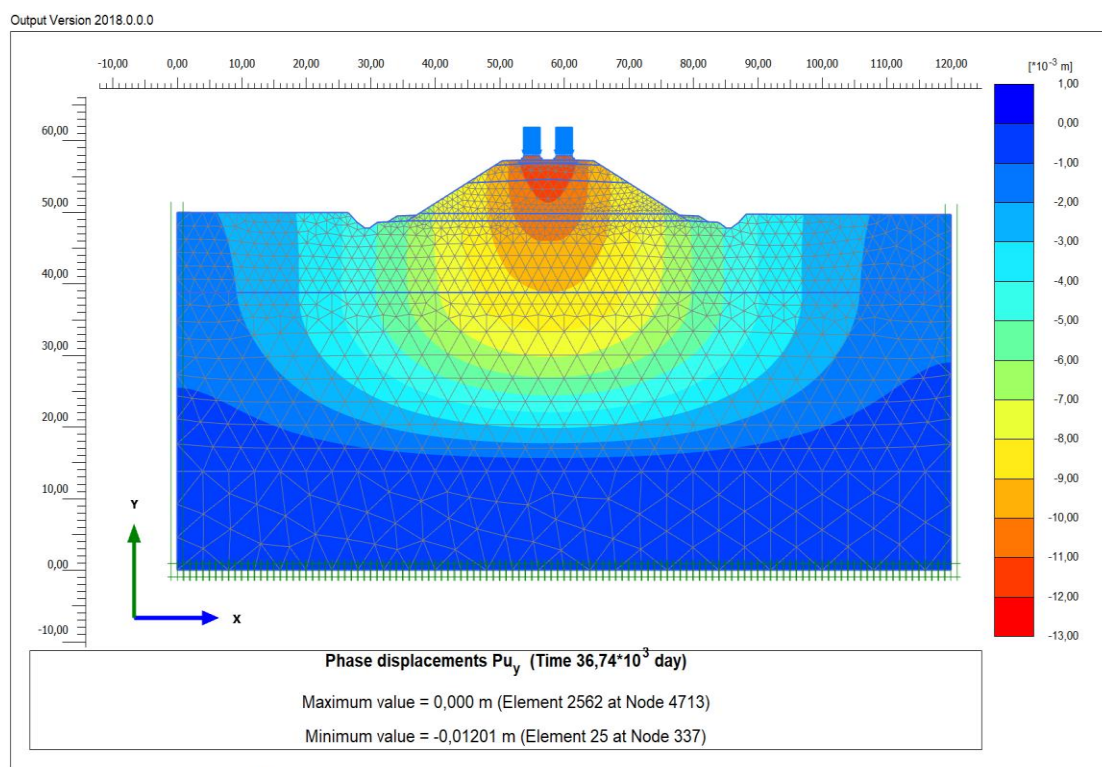


Рисунок 15. Изолинии вертикальных деформаций за период эксплуатации участка переходной жесткости на км 426.
(Проверочное поперечное сечение)

Значения осадок по продольным и поперечным сечениям на обоих участках сведены в таблицу 6 для возможности оценить расхождения.

Значения осадок в продольном и поперечном сечениях на обоих участках имеют незначительные расхождения. Данные расхождения связаны с не-

возможностью учета в продольном сечении откосов насыпи, которые учтены в поперечном сечении, а также в поперечном сечении не учитывается влияние наклона слоев насыпи на участке переходной

жесткости. Тем не менее значения сопоставимы, что подтверждает полученные значения в ходе моделирования.

Таблица 6. Результаты проверочных расчетов

	Участок км 439 (сваи в основании ЗП)			Участок км 426		
Суммарная осадка за строительный период в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	97,5	108,8	11,3	79,5	65,6	13,9
Осадка за эксплуатационный период в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	13,7	6,9	6,8	8,6	11,9	3,3
Общая осадка на период окончания моделирования в сечении в конце участка переходной жесткости, мм	111,3	115,7	4,4	88,5	77,6	10,9

Выводы и предложения:

По результатам численного моделирования определено, что конструкция переходного участка сопряжения земляного полотна и ИССО (см. рисунок 1), соответствуют требованиям СТУ [2] и высоким стандартам плавности хода предъявляемым к ВСМ. Рассмотренная конструкция может быть принята в качестве типовой при проектировании высокоскоростных магистралей с безбалластным верхним строением пути для скорости движения 350 км/ч.

Список использованных источников

1. Ло Цян, Цай Ин, «Исследование предела деформации и рациональной длины участка переменной жесткости системы «земляное полотно-мост» ВСМ» Railway Standard Design. 2000 г. – с. 2-4.
2. Специальные технические условия «Земляное полотно участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству»
3. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.

4. А.И. Голубев, А.В. Селецкий, «Выбор модели грунта и её параметров в расчётах геотехнических объектов», [Электронный ресурс] 2006. N 4. URL: <http://www.nipinfor.ru/publications/10063/> (дата обращения: 07.06.2010).

5. Уланов И.С., Филиппов Ю.И. Земляное полотно высокоскоростных магистралей//Транспортное строительство. -2017.-№10-11. – С.17-19.

6. Ivan S. Ulanov, Denis V. Dolgov, Alexander M. Cherkasov, Problems of quality management of the subgrade construction of high-speed railway// Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies – 2017, 443-445.

7. Уланов И.С. Горлов А.В. Филиппов Ю.И. Особенности расчетов осадок земляного полотна при решении геотехнических задач на этапе проектирования ВСМ «Москва-Казань»// Материалы международной научно-технической конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути», Москва, 2018

ДИССИПАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ В ДИФфуЗИОННОМ БАРОМЕМБРАННОМ ПРОЦЕССЕ

Хабибова Наталья Замиловна

*к.т.н., доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии
Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева,
г. Москва*

Москвичев Станислав Сергеевич

*ассистент кафедры физической химии
Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева,
г. Москва*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.55-60](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.55-60)

АННОТАЦИЯ.

В статье обсуждается метод расчета диссипативной функции как количественной меры необратимости процессов. Основное внимание уделяется постановке задач и изложению методов их решения, исходя из теоретической модели. Приводится численный пример расчета локальной и интегральной диссипации в диффузионном баромембранном процессе.

ABSTRACT.

The article discusses the method of calculating the dissipative function as a quantitative measure of the irreversibility of processes. The focus is on the formulation of problems and the presentation of methods for solving them, based on a theoretical model. A numerical example of the calculation of local and integral dissipation in a diffusion baromembrane process is given.

Ключевые слова: принцип необратимости, диссипативная функция, плотность диффузионного потока.

Keywords: principle of irreversibility, dissipative function, diffusion flux density.

Термодинамика необратимых процессов как самостоятельная область знаний стала развиваться сравнительно недавно. Существенным вкладом в ее научное обоснование и дальнейшее последовательное применение явилась феноменологическая теория и разработанный на ее основе метод диссипативных функций.

Особое место в этом учении занимают работы Гиббса, который создал основы термодинамического равновесия в неоднородных системах, что стимулировало изучение и количественное описание закономерностей переноса энергии и материи.

Между тем в изложении вопросов, касающихся практического применения термодинамических закономерностей и кинетических соотношений вблизи равновесия в курсах физической химии, технической термодинамики, теоретических основах энерго- и ресурсосбережения в химической технологии всё еще велик элемент описательности. Многие существенные достижения в разработке инженерных методов расчета остаются не обобщенными, а являются достижениями небольшого числа специалистов, работающих в этой области. Авторы статьи ставят целью обратить внимание на этот существующий пробел и дать пример систематического изложения метода расчета диссипации энергии на конкретном примере. При этом целесообразным является стремление сконцентрировать внимание на практических, инженерных сторонах проблемы. Общие вопросы теории, касающиеся термодинамических закономерностей и кинетических соотношений в процессах переноса энергии и вещества, предлагается рассматривать именно в том объеме, который необходим для обоснования излагаемых в статье расчетных методов.

Общей характеристикой протекания необратимых процессов в непрерывных системах является локальное производство энтропии J_S^V , значение которого связано с диссипативной функцией $\dot{\Psi}^V$ следующим соотношением (1):

$$\dot{\Psi}^V = T \cdot J_S^V \quad (1)$$

где $\dot{\Psi}^V$ – диссипативная функция элементарного объема системы, Вт/м³; T – абсолютная температура для неоднородной (гетерогенной) системы, К.

Дифференциальные уравнения баланса массы, энергии, энтропии и кинетические соотношения локальных скоростей процессов переноса тепла, компонента вещества и импульса вблизи равновесия, а также уравнения Гиббса позволяют получить аналитическое выражение для диссипативной функции в обобщенном виде (2):

$$\dot{\Psi}^V = \sum_{i=1}^n J_i \cdot X_i, \quad (2)$$

где J_i – локальная скорость процесса, X_i – движущая сила.

Из уравнения (2) следует, что диссипативная функция $\dot{\Psi}^V$ равна сумме произведений локальных скоростей процессов J_i на их собственные движущие силы X_i , представленные в форме, которая позволяет получить размерность диссипации (Вт/м³). В равновесной системе имеет место однородное распределение интенсивных параметров и, как следствие, отсутствие релаксационных процессов и тождественным этим процессам сил, удерживающих систему в состоянии равновесия, т.е. $J_i = 0$ и $X_i = 0$.

Обобщенно локальную скорость вблизи равновесия можно представить в виде линейного соотношения (3):

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} \cdot X_k \quad (3)$$

где J_i – локальная скорость i-го процесса, которая в общем случае зависит от всех движущих сил X_k , L_{ik} – феноменологические коэффициенты пропорциональности, которые могут быть функциями состояния объекта, но не зависят от движущих сил X_k .

Для несопряженных процессов скорость зависит только от собственной движущей силы X_i (4):

$$J_i = L_{ii} \cdot X_i \quad (4)$$

где L_{ii} – феноменологические коэффициенты пропорциональности, которые связаны с коэффициентами теплопроводности λ , коэффициентом диффузии D_j j-го компонента, вязкостью среды μ , константами скорости прямой и обратной реакции k^+ и k^- .

Расчетные соотношения для диссипативной функции в процессах переноса тепла, компонента вещества, импульса, химических превращений вблизи равновесия можно представить в виде следующего выражения (5):

$$\dot{\Psi}^V = \vec{q} \cdot \left(-\frac{\vec{\nabla} T}{T}\right) + \sum_{j=1}^m \vec{J}_j^{\text{дф}} \cdot (-\vec{\nabla} \mu)_{T,p} + \sum_{r=1}^f J_{jr}^V \cdot A_r + (-\sigma \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{\vartheta} \quad (5)$$

Итак, движущей силой для теплообмена является $X = -\frac{\vec{\nabla} T}{T}$; для массообмена $X_j = (-\vec{\nabla} \mu)_{T,p}$, где μ_j – химический потенциал j-го компонента системы; для химических превращений $X_r = A_r$, где A_r – химическое сродство, характеризующее степень полноты химической реакции. В соответствии с уравнением (3) имеем (6):

$$A_r = -\sum_{k=1}^n \nu_{kr} \cdot \mu_k, \quad (6)$$

где ν_{kr} – стехиометрические коэффициенты вещества k в рассматриваемой реакции r, μ_k – химический потенциал всех компонентов.

Для процессов течения вязкой среды локальная диссипативная функция (функция Рэлея) равна произведению потока импульса σ_{ij} в плоскости профиля скорости движущейся среды на причину – деформацию скорости. С учетом тензорной природы импульса получим (7):

$$\dot{\psi}^V = -(\sigma \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{\sigma} = \sum_{i=1}^{n=3} \sum_{j=1}^{m=3} \sigma_{ij} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \sigma_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \sigma_j}{\partial x_i} \right) \right], \quad (7)$$

$$\text{где } X_{ij} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \sigma_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \sigma_j}{\partial x_i} \right).$$

Значение диссипации $\dot{\psi}$ для термодинамической системы в целом можно определить распределением локальной диссипативной функции $\dot{\psi}^V$ по всему рассматриваемому объему V (8):

$$\dot{\psi} = \int_0^V \dot{\psi}^V dV = \int_0^V T \cdot J_S^V dV = \bar{T}_{T/d} \cdot in\dot{S}, \quad (8)$$

где $\bar{T}_{T/d}$ – средняя термодинамическая температура, К; $in\dot{S}$ – скорость приращения энтропии во всей рассматриваемой системе вследствие протекания внутренних необратимых процессов, Вт/К.

Для получения аналитического соотношения и определения численного значения диссипации используют два расчетных метода. Первый метод основан на интегрировании локальной диссипатив-

ной функции по всему объему рассматриваемой системы. Вторым методом заключается в использовании интегральных балансовых уравнений массы, энергии, энтропии, эксергии для фиксированного контрольного объема неравновесной термодинамической системы. Проанализируем оба способа на конкретном примере диссипации превратимой энергии в диффузионном мембранном процессе: получить аналитическое и численное решение для величины локальной и интегральной диссипации энергии в диффузионном слое мембраны, разделяющей идеальную смесь углеводородов пропана (компонент А) и метана (компонент В) при температуре $T_f = 279$ К и давлении $P_f = 4,6$ бар в напорном канале аппарата. Состав газовой смеси в напорном канале $\widetilde{y}_A' = 0,59 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$, в дренажной полости $\widetilde{y}_A'' = \widetilde{y}_P = 0,95 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$. Толщина диффузионного слоя полимерной мембраны $\delta = 0,2$ мкм, рабочая площадь $A = 117$ м²; давление в дренажной полости $P'' = 1$ бар. Производительность исходной смеси составляет величину $\dot{N}_F = 0,023 \frac{\text{кмоль}}{\text{с}}$. Газовая смесь исходного состава $\widetilde{y}_F$ вводится в напорный канал 1 мембранного аппарата при $P = P_F$ и T_F , прошедший через мембрану 3 поток $\dot{N}_p$ с концентрацией $\widetilde{y}_A'' = \widetilde{y}_P$ выводится из дренажной полости 2; сбросный поток $\dot{N}_R$ выводится из напорного канала с концентрацией $\widetilde{y}_R = \widetilde{y}_{A0}'$.

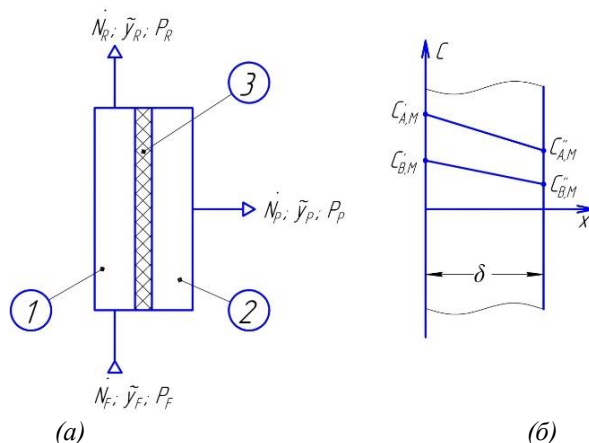


Рис. 1. а) Распределение и характеристики потоков в аппарате: 1 – напорный канал; 2 – дренажный канал; 3 – силиконовая мембрана. б) Профиль концентраций компонентов в мембранном слое аппарата.

Процесс стационарен и изотермичен, газовая смесь идеальная. Гидравлическое сопротивление в напорном и дренажном канале пренебрежимо мало. Внешнее диффузионное сопротивление в напорном и дренажном канале исключено. Структура газового потока в полости напорного канала 1 соответствует модели идеального смешения (МИС). Исходя из этих допущений следует:

$$P' = P_f = P_R = 4,6 \text{ бар, где } P' - \text{давление в полости 1;}$$

$$P'' = P_p = 1 \text{ бар, где } P'' - \text{давление в полости 2;}$$

$\widetilde{y}_A' = \widetilde{y}_R = 0,59 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$; $\widetilde{y}_A'' = \widetilde{y}_R = 0,95 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$, где $\widetilde{y}_A'$, $\widetilde{y}_A''$ – составы газовой фазы вблизи мембранной поверхности со стороны напорного и дренажного канала. Сопротивление массопереносу сосредоточено исключительно в диффузионном слое силиконовой мембраны δ . На границе газа и мембраны принять, что существует локальное равновесие.

Концентрация компонентов А ($C_{A,m}'$) и В ($C_{B,m}'$) в мембране на границе с напорным каналом составляют следующие значения:

$$C_{A,m}' = \sigma_{A,m} \cdot P' \cdot \widetilde{y}_A', \frac{\text{кмоль А}}{\text{м}^3}$$

$$C_{B,M}' = \sigma_{B,M} \cdot P' \cdot \widetilde{y}_B', \frac{\text{кмоль В}}{\text{м}^3},$$

где $\sigma_{A,M} = 8,825 \cdot 10^{-5} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$ и $\sigma_{B,M} = 1,683 \cdot 10^{-6} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$ – величины коэффициентов растворимости данной мембраны (материал полидиметилсилоксан $[(\text{CH}_3)_2\text{SiO}]_x$) по обоим компонентам при значении температуры $T = 279 \text{ К}$.

Получаем следующие значения концентраций компонентов на границах с мембраной:

$$\begin{aligned} C_{A,M}' &= 8,825 \cdot 10^{-8} \cdot 4,6 \cdot 10^5 \cdot 0,59 = 23,951 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3} \\ C_{A,M}'' &= 8,825 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 0,95 = 8,3837 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3} \\ C_{B,M}' &= 1,683 \cdot 10^{-9} \cdot 4,6 \cdot 10^5 \cdot 0,41 = 0,3174 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3} \\ C_{B,M}'' &= 1,683 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^5 \cdot 0,05 = 0,00841 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3} \end{aligned}$$

Значения диффузионных потоков J_A, J_B в мембране определяются исходя из условия постоянства коэффициентов диффузии компонентов в слое мембраны. Для плоской и одномерной задачи распределение концентрации субстанции в мембране линейное, а градиенты концентраций постоянны.

$$\begin{aligned} \frac{\partial C_{A,m}}{\partial x} &= \frac{C_{A,m}'' - C_{A,m}'}{\delta} = \frac{(8,3837 - 23,951) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-7}} \\ \frac{\partial C_{A,m}}{\partial x} &= -7,784 \cdot 10^4 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^4} \\ \frac{\partial C_{B,m}}{\partial x} &= \frac{C_{B,m}'' - C_{B,m}'}{\delta} = \frac{(0,00841 - 0,3174) \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-7}} \\ \frac{\partial C_{B,m}}{\partial x} &= -0,1545 \cdot 10^4 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^4} \end{aligned}$$

Значения плотности диффузионных потоков компонентов:

$$\begin{aligned} J_A &= -D_{A,m} \frac{\partial C_{A,m}}{\partial x} = -5,558 \cdot 10^{-10} \cdot (-7,784 \cdot 10^4) \\ J_A &= 4,326 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \\ J_B &= -D_{B,m} \frac{\partial C_{B,m}}{\partial x} = -1,433 \cdot 10^{-9} \cdot (-0,1545 \cdot 10^4) \\ J_B &= 0,2214 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \end{aligned}$$

Суммарный удельный поток (общая плотность субстанции) проникший через разделительную мембрану, имеет значение:

$$\begin{aligned} J &= J_A + J_B = 4,326 \cdot 10^{-5} + 0,2214 \cdot 10^{-5} \\ J &= 4,5474 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \end{aligned}$$

Общий поток, с учётом активной поверхности мембраны, составляет величину:

$$\dot{N}_p = \int_0^A J dA = J \cdot A = 4,5474 \cdot 10^{-5} \cdot 117 = 0,532 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кмоль}}{\text{с}}$$

Сбросный поток, согласно уравнению материального баланса:

$$\dot{N}_R = \dot{N}_F - \dot{N}_p = 0,023 - 0,00532 = 0,01768 \frac{\text{кмоль}}{\text{с}}$$

Проверим состав потока, проникшего через диффузионный слой мембраны:

$$\widetilde{y}_A'' = \frac{J_A}{J} = 0,95 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$$

Исходный состав:

$$\widehat{y}_F = \frac{\dot{N}_R}{\dot{N}_F} \widehat{y}_R + \frac{\dot{N}_P}{\dot{N}_F} \widehat{y}_P = \frac{0,01768}{0,023} \cdot 0,59 + \frac{0,00523}{0,023} \cdot 0,95 = 0,673 \frac{\text{кмоль А}}{\text{кмоль смеси}}$$

Локальная диссипативная функция в изотермическом мембранном процессе диффузии определяется согласно соотношению (9):

$$\dot{\Psi}^V = \vec{J}_A \cdot (-\Delta \overline{\mu_{A,M}}) + \vec{J}_B \cdot (-\Delta \overline{\mu_{B,M}}) \quad (9)$$

Для идеальных растворов компонента в мембране (значение коэффициента активности равно единицы), в условиях плоской геометрии мембраны, имеем: $\frac{\partial \mu_A}{\partial x} = \frac{\partial \mu_A}{\partial c_{A,M}} \cdot \frac{\partial c_{A,M}}{\partial x}$, где с учетом допущений:

$$\frac{\partial \mu_A}{\partial c_{A,M}} = \frac{\partial \ln(\gamma c_{A,M})}{\partial c_{A,M}} = \frac{RT}{c_{A,M}}$$

Представим расчетное соотношение для локальной диссипации и вычислим ее значение заданных граничных условий ($x = 0, x = \delta$):

$$\begin{aligned} \dot{\Psi}^V &= RT \left[D_{A,M} \left(\frac{\partial c_{A,M}}{\partial x} \right)^2 \frac{1}{c_{A,M}} + D_{B,M} \left(\frac{\partial c_{B,M}}{\partial x} \right)^2 \frac{1}{c_{B,M}} \right] \\ \dot{\Psi}_{x=0}^V &= 8,314 \cdot 279 \cdot [5,558 \cdot 10^{-10} \cdot (-7,784 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{1}{23,951 \cdot 10^{-3}} + \\ &\quad + 1,433 \cdot 10^{-9} \cdot (-0,1545 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{1}{0,3174 \cdot 10^{-3}}] = 3,51 \cdot 10^5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3} \\ \dot{\Psi}_{x=\delta}^V &= 8,314 \cdot 279 \cdot [5,558 \cdot 10^{-10} \cdot (-7,784 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{1}{8,3837 \cdot 10^{-3}} + \\ &\quad + 1,433 \cdot 10^{-9} \cdot (-0,1545 \cdot 10^4)^2 \cdot \frac{1}{0,00841 \cdot 10^{-3}}] = 18,7525 \cdot 10^5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3} \end{aligned}$$

Локальная диссипация превратимой энергии Гиббса пропорциональна квадрату движущей силы и обратно пропорциональна локальной концентрации компонентов, поэтому наибольшее значение $\dot{\Psi}^V$ соответствуют области мембраны, граничащей с дренажной полостью.

Интегральное значение диссипативной функции, отнесенное к единице площади мембраны, определяем интегрированием ее локального значения по координате x :

$$\dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} = \int_0^\delta \dot{\Psi}^V dx$$

Для плоской геометрии линейное распределение концентрации компонентов в мембране подчиняются выражению:

$$c_{j,M} = c_{j,M}(x=0) + bx_j, \text{ где } b = \frac{\partial c_j}{\partial x} = \text{const.}$$

С учетом этого допущения имеем:

$$\begin{aligned} \dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} &= \int_0^\delta \dot{\Psi}^V dx = RT \left(\sum_{j=1}^2 \left\{ \int_{c'_{j,M}}^{c''_{j,M}} D_{j,M} \cdot \left(\frac{\partial c_{j,M}}{\partial x} \right) \frac{dc_{j,M}}{c_{j,M}} \right\} \right) = \\ &= RT \left(\sum_{j=1}^2 \left\{ D_{j,M} \cdot \left(\frac{\partial c_{j,M}}{\partial x} \right) \ln \frac{c''_{j,M}}{c'_{j,M}} \right\} \right) \\ \dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} &= RT \left(\sum_{j=1}^2 \left\{ (-J_j) \ln \frac{c''_{j,M}}{c'_{j,M}} \right\} \right) \end{aligned}$$

В условиях нашей задачи примем, что $j = 1$ (компонент А), $j = 2$ (компонент В):

$$\begin{aligned} \dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} &= RT \left[J_A \left(-\ln \frac{c''_{A,M}}{c'_{A,M}} \right) + J_B \left(-\ln \frac{c''_{B,M}}{c'_{B,M}} \right) \right] \\ \dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} &= 8,314 \cdot 279 \left[4,325 \cdot 10^{-5} \left(-\ln \frac{8,3837 \cdot 10^{-3}}{23,951 \cdot 10^{-3}} \right) + \right. \\ &\quad \left. + 0,2214 \cdot 10^{-5} \left(-\ln \frac{0,00841 \cdot 10^{-3}}{0,3174 \cdot 10^{-3}} \right) \right] = \end{aligned}$$

$$= 0,1053 + 0,00186 = 0,1239 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} > 0$$

Интегральное значение диссипации превратимой энергии при прохождении через мембрану с площадью поверхности контакта $A = 117 \text{ м}^2$ определяем интегрированием $\dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2}$ по всей рабочей поверхности:

$$\dot{\Psi}^V = \int_0^A \dot{\Psi}_{\delta=1\text{м}^2} dA = 0,1239 \cdot 117 = 14,5 \text{ кВт}$$

Статья посвящена диффузии в бинарной газообразной системе, подчиняющейся закону Фика: интенсивность массопереноса отдельного компонента пропорциональна градиенту его концентрации и не зависит от потенциалов иных интенсивных свойств системы. Нередко такие ограничения в прикладных вопросах оправданы, несмотря на то, что инженерные приложения диффузных явлений, в частности в газообразных системах, весьма разнообразны, и поэтому требуют рассмотрения неразрывной связи механизмов конвекции тепло- и массообмена в каждом отдельном случае.

Список литературы

1. Биккин Х.М., Ляпилин И.И. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 500 с.

2. Дытнерский Ю.И., Брыков В.П., Каграманов Г.Г. Мембранное разделение газов. – М.: Химия, 1991. – 344 с.

3. Кэйс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. – Москва: Энергия, 1972. – 448 с.

4. Пармон В.Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2015. – 474 с.

5. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. Пер. с англ. Ю.А. Данилова и В.В. Белого. – Москва: Мир, 2009. – 461 с.

6. Habibova N.Z., Moskvichev S.S. Dissipative function in engineering calculations. Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Part 3 - Reports in English (February 11-12, 2019. Beijing, PRC).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЦЕПЕЙ.

**Абдураимов Э.Х.,
Халманов Д.Х.**

*Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, Узбекистан*

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.60-63](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.60-63)

THEORETICAL ANALYSIS OF SEMICONDUCTOR CIRCUITS

**Abduraimov E.Kh.,
Khalmanov D.Kh.**

Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

АННОТАЦИЯ.

В статье рассматриваются вопросы теоретического анализа тиристорно-резисторной цепи с использованием характеристики тиристора и нагрузочных линий, а также рассмотрены переходные процессы в нелинейных динамических цепях, приведено решение дифференциальных уравнений состояния численным методом.

ABSTRACT.

In article is considered questions of the theoretical analysis of a thyristor and resistor circuit with use of the characteristic of the thyristor and the load lines, and also transition processes in non-linear dynamic circuits are considered. The solution for equations of a condition by digital method is offered.

Ключевые слова: тиристор, нелинейные резистивные цепи, сопротивления, вольт-амперная характеристика, индуктивность, переходных процессов цепей.

Keywords: thyristor, nonlinear resistive chains, resistance, volt-ampere characteristic, inductance, transition processes of chains.

В период широкого развития электронной аппаратуры в различных областях автоматики, радиоэлектроники, вычислительной техники и электрооборудования широко применяются нелинейные резистивные цепи.

Полупроводниковые тиристорные цепи имеют два устойчивых электрических состояния (открытое и закрытое), обладает высоким быстродействием и может коммутировать большие нагрузочные токи. Основным свойством тиристора является

возможность задержки момента его отпирания при наличии на нем прямого напряжения. Это свойство тиристора позволяет создавать устройства с регулированием значения выходного напряжения.

С помощью управляющего тока можно управлять моментом включения тиристора. Ток во включенном состоянии тиристора протекает и после снятия тока управления. Отключить анодный ток и восстановить выключенное состояние тиристора, в

том числе можно путем снижения тока в полупроводниковом приборе ниже критической величины.

Для тиристорov, точно так же, как и для диодов существует понятие «идеальный тиристор». Поэтому можно полагать, что сопротивление идеального тиристора в обратном направлении, а также и в прямом закрытом состоянии равно бесконечности. В открытом состоянии прямое сопротивление идеального тиристора равно нулю.

Способ переключения тиристорov током управляющего электрода имеет большое значение.

Во-первых, он позволяет за счет управляющего сигнала включать тиристор при различных значениях анодного напряжения. Во-вторых, этот способ дает возможность коммутировать большие токи маломощным управляющим сигналом.

Нами исследуется схема, состоящая из последовательно соединенных тиристора и активного сопротивления (рис.1.б), которая подключена к источнику переменного напряжения.

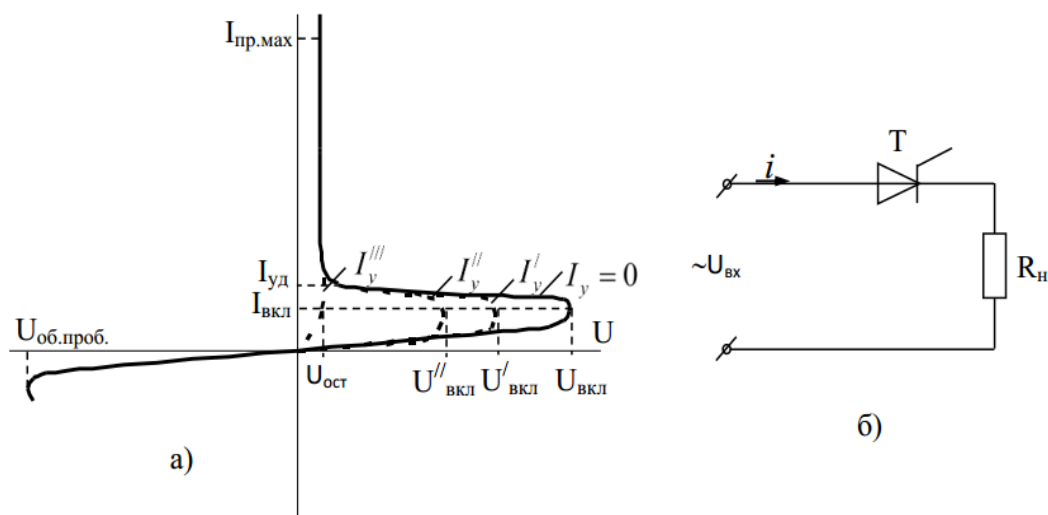


Рис.1. а) ВАХ тиристора; б) тиристорно-резистивная цепь

Ток в цепи протекает только тогда, когда открыт тиристор. Это возможно при определенных значениях напряжения источника и тока управления тиристора (рис.1,а). Для указанной схемы, когда $U \geq U_{вкл}$ и $I_y > I_{y мин}$ наблюдается скачкообразное открытие тиристора с углом включения равным 90° .

Для анализа работы рассмотренной цепи, следует воспользоваться нагрузочной характеристикой и характеристикой тиристора. Аналитическое выражение нагрузочной характеристики можно получить на основании второго закона Кирхгофа.

$$I = \frac{U_{вх}}{R_n} - \frac{U_{тир}}{R_n} \quad (1)$$

Это уравнение прямой линии, отсекающей на осях координат отрезки $U = U_n$ при $I = 0$ и $I = U_{вх} / R_{наг}$ при $U = 0$. (рис.2,а). Точки пересечения

нагрузочных линий с характеристикой тиристора определяет режимы работы цепи.

Для изображения нагрузочной прямой и вольтамперной характеристики, рассмотрим режим работы тиристора при активной нагрузке 820 Ом. При отсутствии управляющего сигнала тиристор блокирован в обоих направлениях и находится под действием напряжения источника. Когда напряжение источника достигает определенной величины, тиристор включается в момент $\pi/2$ (рис 2.,б). При этом напряжение на сопротивлении изменится скачком до амплитудного значения переменного напряжения. Напряжение на тиристоре в момент включения изменяется скачком почти до нуля. Длительность тока через тиристор и напряжение на сопротивлении нагрузки составляет четверть периода. Значения токов определяется по следующим формулам:

$$i = \frac{U_{вх max}}{R} \sin \omega t = I_m \sin \omega t, \quad \text{при } \alpha < \omega t < \pi \quad (2)$$

$$I_{cp} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} I_m \sin \omega t d \omega t = \frac{1}{2\pi} I_m (1 + \cos \alpha) \quad (3)$$

в нашем случае для $\alpha = 90^\circ$

$$I_{cp} = \frac{I_m}{2\pi}$$

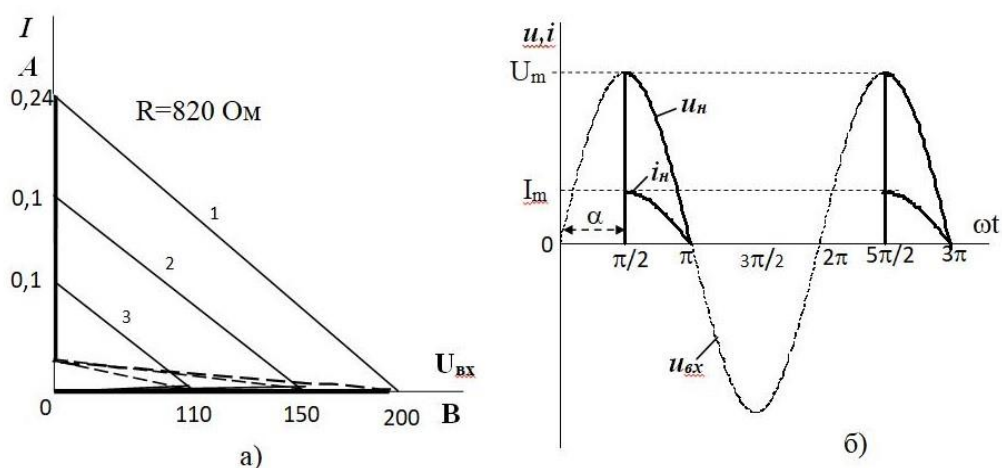


Рис. 2. а) характеристика тиристора и нагрузочные линии;
б) формы кривых напряжения и тока нагрузки

Действующее значение тока:

$$I = I_m \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{1}{4}\sin 2\alpha} \quad (4)$$

для $\alpha = 90^\circ$ получим,

$$I = \frac{I_m}{2\sqrt{2}}$$

Таким образом, рассмотренную цепь можно анализировать с использованием характеристики тиристора и нагрузочных линий.

Проведем теоретический анализ схемы, приведенной на рис.3., где последовательно соединены тиристор, индуктивное и активное сопротивление (рис.3а). Уравнение данной цепи, имеет следующий вид:

$$u_{BX} = u_{mur} + L \frac{di}{dt} + Ri \quad (5)$$

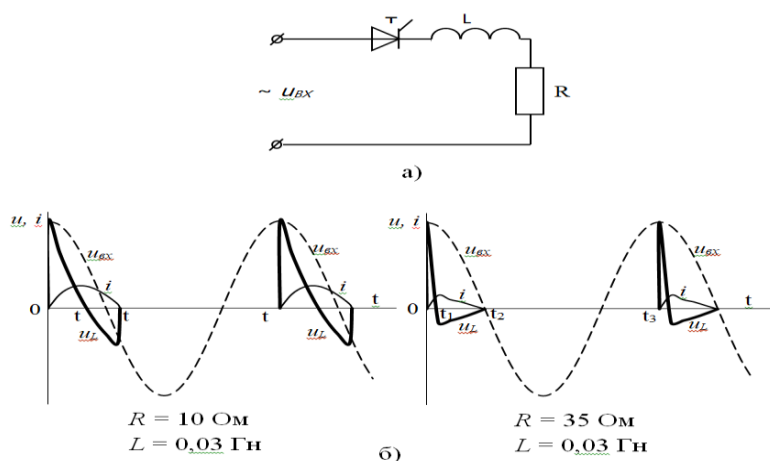


Рис. 3

Принимаем характеристику тиристора идеальной, тогда для открытого состояния тиристора уравнение (5) примет вид:

$$u_{BX} = L \frac{di}{dt} + Ri = U_m \sin(\omega t + \psi)$$

для $\psi = \pi/2$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = U_m \cos \omega t \quad (6)$$

или

$$\frac{di}{dt} = \frac{U_m \cos \omega t}{L} - \frac{R}{L} i \quad (7)$$

отсюда

$$i_n = i_{n-1} + \left(\frac{U_m \cos \omega t_{n-1}}{L} - \frac{R}{L} i_{n-1} \right) h \quad (8)$$

На рис.3.6 показаны кривые напряжения на зажимах элементов L и R и тока, построенных решением уравнения (7) численным методом с применением ЭВМ. Как видно из этого рисунка ток постепенно нарастает и происходит затягивание момента прекращения тока относительно момента перехода фазного напряжения через нулевое значение. Форма кривой тока зависит от соотношения параметров цепи L и R .

В заключении отметим, что анализ цепи состоящей из последовательно соединенных тиристора, индуктивности и активного сопротивления можно осуществить численным решением уравнений состояния цепи. Предложенная методика позволяет производить качественный анализ установившихся режимов и переходных процессов цепей при различных вариациях параметров.

Использованная литература:

1. П.Н.Матханов Основы анализа электрических цепей, Высшая школа, М.,1977, 271 с.
2. Т.М.Кадыров, У.З.Узаков, Д.Н.Касымова Анализ электрических цепей методом численного решения уравнений состояния, Вестник ТашГТУ, № 2, Ташкент, 2005, с.56-60
3. Т.М.Кадыров, Э.Г.Усманов, Э.Х. Абдураимов Использование численных и графических методов анализа нелинейных резистивных цепей. Материалы Всероссийской научной конференции «Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности "АСИНТЕХ -2007"», – Россия, «Астраханский университет», 2007. Часть 2-с.25 -29.
4. Э.Г. Усманов, Э.Х. Абдураимов, Р.Ч. Каримов Нелинейная динамическая цепь с тиристором Проблемы информатики и энергетики РУз, Ташкент, 2006 г. №2,3. с. 37-41.
5. Я.С. Кублановский Тиристорные устройства, М., Энергия, 1981, 96 с.

УДК 00.004.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ

Шапорева Анна Васильевна

Докторант

Кухаренко Евгения Владимировна

кандидат технических наук, доцент

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева

Казахстан, г. Петропавловск

Григоренко Ольга Викторовна

кандидат физико-математических наук, доцент,

Сибирский государственный университет геосистем и технологий,

Россия, г. Новосибирск

[DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.63-68](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.60.63-68)

APPLICATION OF INFOLOGICAL MODELING IN THE DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED SYSTEM OF ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SECURITY AND ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN DISTANCE TECHNOLOGY OF TRAINING

Shaporeva A.V.

Doctoral

Kukharensko E.V.

Ph. D., Associate Professor

North Kazakhstan State University M. Kosybaev, Kazakhstan, Petropavlovsk

Grigorenko O.V.

Ph. D., Associate Professor

Siberian State University of Geosystems and Technologies,
Russia, Novosibirsk

АННОТАЦИЯ.

В статье представлено применение инфологического моделирования при разработке автоматизированной системы оценки качества обеспечения и организации учебного процесса при дистанционной технологии обучения. Рассмотрены связи внутри системы и подсистемы АИС. Рассматривается вопрос разработки прототипа информационной системы.

ANNOTATION.

The article presents the use of infological modeling in the development of an automated system for assessing the quality of software and organizing the educational process with distance learning technology. Communications within the system and AIS sub-subsystems are considered. The question of developing a prototype information system.

Ключевые слова. Автоматизированная система оценки качества обеспечения и организации учебного процесса при дистанционной технологии обучения, моделирование системы, инфологическое моделирование.

Keywords. Automated system for assessing the quality of assurance and organization of the educational process with distance learning technology, system modeling, infological modeling.

Введение и новизна

При создании прототипа АИС важное значение имеет инфологическое моделирование, которое позволяет распределить роли субъектов системы и потоки данных между ними. Особенно это важно, когда разрабатываемая система может являться подсистемой уже в реализованной системе. В этом случае необходимо обеспечить разграниченный доступ к массивам данных, организованных в соответствии с заданной онтологией, на основе ролей, действующих на конечных временных интервалах.

Методика исследований

Проектируемая АИС должна аккумулировать достаточно большой объем информации, связанный с потоками данных от различных служб университета, а также хранить данные о документах, мультимедийных файлах, о пользователях, студентах, преподавателях и постоянных изменениях в структуре активных и доступных документов. Информационная система должна иметь возможность сбора, хранения и обновления данных, а также предоставлять различным категориям пользователей быстрый доступ к требующейся информации [1, с.275].

Информационную систему можно разделить на следующие подсистемы:

1. Регистрационная подсистема, позволяющая регистрировать все происходящие события и факты.
2. Система электронного документооборота - позволяет хранить и передавать данные, получаемые из служб университета.
3. Справочная подсистема, предоставляющая общую информацию о пользователях.
4. Аналитическая подсистема обрабатывает данные полученные от служб и представляет их в виде графиков.

Система контроля доступа к данным.

Контроль доступа - функция открытой системы, обеспечивающая технологию безопасности, которая разрешает или запрещает доступ к определенным типам данных, основанную на идентификации субъекта, которому нужен доступ, и объекта данных, являющегося целью доступа [1, с.166].

Основными механизмами контроля доступа являются идентификация и аутентификация.

В информационных системах, используемых сегодня, Имя пользователя и Пароль являются наиболее распространённой формой аутентификации. Имена пользователей и пароли постепенно заменяются более сложными механизмами аутентификации. После успешной идентификации и аутентификации, пользователь или система получает в своё распоряжение именно те ресурсы, к которым система или пользователь имеет право доступа, а также какие действия будут допущены к выполнению (запуск, просмотр, создание, удаление или изменение). Это называется разрешением.

При регистрации в базе данных записываются все данные пользователя и пароль (в md5 шифровании). Для каждого из всех полей есть правила валидации. Стоит заметить лишь то, что, если пользователь введёт некорректные данные или не введёт их вовсе, посредством JavaScript будет выведено сообщение об ошибке. При регистрации проверяется логин на уникальность и обязательно фиксируется дата регистрации и ее удаление.

Здесь используем подход управления доступом на основе ролей. При входе в систему уникальный логин пользователя записывается в сессию.

Зарегистрированному пользователю администратор назначает роль. (Рисунок 1).



Рисунок 1. Назначения ролей

Система электронного документооборота - позволяет хранить и передавать данные, получаемые из отделов университета.

Данные в информационной системе (в базе данных) должны быть структурированы и органи-

зованы в соответствии с некоторой моделью, которая может адекватно отображать все возможные связи между объектами, субъектами их ролями (Рисунок 2), актуальными в конечные промежутки времени.

Субъекты и объекты		
Пользователь	Электронный ректорат	Подсистема фиксации выполнения и показателей (Датчик)
Документ	Данные	Приложения

Рисунок 2. Субъекты и объекты модели

Для начала следует описать модель. С помощью модели данных могут быть представлены объекты предметной области и взаимосвязи между ними. Данная информационная система содержит описания субъектов, объектов и ролей. В качестве

субъектов будут рассматриваться пользователи информационной системы, которые прошли процедуру аутентификации. Объекты информационной системы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Объекты информационной системы

Объект	Описание
Электронный ректорат	Группа показателей, которые фиксируются в Подсистеме фиксации выполнения и показателей
Подсистема фиксации выполнения и показателей	Поставщик физических данных
Данные	Любые результаты, полученные при анализе показателей обеспечения и организации учебного процесса по ДО
Приложение	Задачи, которые могут преобразовывать данные, создавая тем самым новые данные
Документ	Любые документы, порожденные внутри информационной системы. Документами являются различные заключения, рекомендации и пр.

Каждый субъект информационной системы может играть одну или несколько ролей (Рисунок 3).

Роли субъектов		
Администратор системы (Ректор)	Проректор по УР	Преподаватель
Администратор электронного ректората	Сектор дистанционного обучения (Сектор ДО)	Инженер-аналитик сектора ДО

Рисунок 3. Роли субъектов

Список возможных объектов может расширяться. Пояснение этих ролей приведено в Таблице 2.

Таблица 2. Роли субъектов информационной системы

Роль	Описание
Пользователь	Любой пользователь, прошедший процедуру аутентификации
Преподаватель	Пользователь, имеющий связи с документами, сектором ДО и Электронным ректоратом
Сектор ДО	Пользователь, у которого есть привязанные к нему преподаватели
Проректор по УР	Пользователь, который может управлять сектором ДО и преподавателями
Администратор системы (ректор)	Пользователь, который может управлять всем
Администратор электронного ректората	Пользователь, который может управлять Электронным ректоратом
Инженер-аналитик сектора ДО	Пользователь, который может управлять приложениями.

Права пользователей в информационной системе по доступу к данным должны определяться назначенными ролями и связями типа «субъект-объект». Следует обратить внимание, что назначенные роли или связи должны иметь жесткие временные рамки, например, роль преподавателя назначается пользователю с такого-то по такой-то моменты времени, по такой же схеме должны назначаться связи между назначенными ролями, например,

между ролями «Сектор ДО-преподаватель» (рисунок 4).

Кроме упомянутых связей типа «субъект-роль» и «роль-роль» модель предполагает наличие связей «роль-объект», например, связи «преподаватель-электронный ректорат» или «преподаватель-документ», а также связи «объект-объект», например, связи типа «Электронный ректорат-подсистема фиксации выполнения и показателей» (рисунок 5).

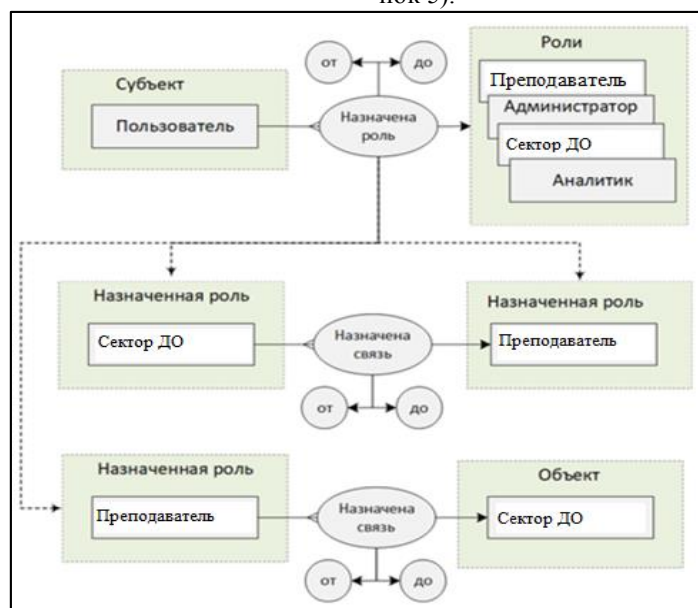


Рисунок 4. Связи «субъект-роль», «роль-роль», «роль-объект», действующие в конечные промежутки времени



Рисунок 5. Связи «объект-объект»

В соответствии с описанной моделью доступ к данным (результатам измерений), например, преподавателя должен учитывать (см. Рис. 6):

- Связанные с преподавателем элементы Электронного ректората в требуемый интервал времени
- Связанная с Электронным ректоратом подсистема фиксации выполнения и показателей

–Порожденные подсистемой фиксации выполнения и показателей

–данные в требуемый интервал времени

Аналогично реализуется доступ и к другим объектам. При доступе к данным, действуют правила, приведенные в Таблице 3.

Таблица 3. Роли и полномочия

Роль	Описание
Пользователь	Никаких прав не имеет.
Преподаватель	Может просматривать только объекты, связанные с ним, в перекрывающихся временных интервалах.
Сектор ДО	Может просматривать только объекты, связанные с назначенными ему преподавателями, в перекрывающихся временных интервалах. Может назначать доступ к определенным действиям в Электронном ректорате.
Проректор по УР	Может просматривать только объекты, связанные со всеми преподавателями, в перекрывающихся временных интервалах. Может назначать преподавателей для сектора ДО.
Администратор системы	Может просматривать все объекты.
Администратор Электронного ректората	Может просматривать только объекты, связанные с Электронным ректоратом. Может назначать критерии в Подсистеме фиксации выполнения и показателей для Электронного ректората.

Аналитическая подсистема - обрабатывает данные полученные с датчиков и представляет их в виде графиков.

Общий анализ

Функцию организации аналитической отчетности по данным оценки качества обеспечения и организации учебного процесса выполняет АИС. В задачи инженера-аналитика входит преобразование данных в полезную информацию и знания, используемые в управлении, путем определения показателей и создания интерактивных отчетов. Интерактивные отчеты могут содержать данные из одной системы или из нескольких, в зависимости от требований к данным для анализа.

Для реализации аналитических отчетов в разрабатываемой АИС можно использовать:

- Гистограммы развертывания, которые при выборе определенных позиций (щелчок по столбцу) разделяют данные, соответствующие только выбранным параметрам, и, при необходимости, указывают представленную информацию, переходя на следующий уровень детализации.

- Круговые диаграммы позволяют визуализировать объем анализируемой части информации от общего. В интерактивных отчетах он также может выступать в качестве фильтра для анализа, который работает при нажатии на выбранный сегмент.

- Индикаторы динамики роста/снижения, а также карты с контрольным номером, позволяют увидеть итоговую цифру для анализа и принятия решения. Хорошо подходит для общей панели общих данных разработки.

- Графики позволяют визуально отслеживать динамику изменений в том или ином направлении анализа информации.

- Интерактивные таблицы с возможностью поиска по полю в базе данных, а также таблицы позволяют сортировать данные по выбранной строке.

При эксплуатации системы в реальном режиме возможно выбрать оптимальный вариант отображения данных [3, с.30].

Выводы

Количество студентов, обучающихся с применением ДОТ с каждым годом растет, что делает актуальным вопрос качества и организации дистанционного обучения. Объем информации, с которой сталкивается современный университет, увеличивается с каждым годом. Поэтому комплексный подход к процессам управления университетом имеет важное значение. Оптимальным будет вариант, когда показатели по качеству и организации дистанционного обучения возможно будет просмотреть в одном отчете.

Целесообразно представлять интерактивные отчеты «единым способом», чтобы упростить работу пользователя с АИС в рамках информационного пространства университета. Также важным аспектом АИС является возможность формирования произвольных запросов, которые позволят пользователям создавать и выполнять нестандартные запросы без привлечения ИТ-специалистов.

Интеграция с приложениями MS Office также является важным требованием в целом и системы анализа информации в частности, поскольку эти данные могут быть необходимы для создания дальнейших отчетов.

Список литературы

1. Шапорева А.В., Кухаренко Е.В. К вопросу о разработке автоматизированной системы оценки качества обеспечения и организации учебного процесса при дистанционной технологии обучения

//Вестник КазНУ-2019. - Вып.1 (131)/С.-С.272-276

2. Адалбек А., Жижимов О. Создание модели и прототипа информационной системы для медицинских данных//Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. Научный журнал. -Усть –Каменогорск, Сентябрь 2018, Том 1, часть 1/ С.-С.165-175

3. Копнова О.Л. Выявление неочевидных закономерностей по средствам информационно-аналитической системы принятия административных решений// Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. –Москва, 2018 Вып. 12(57)/С.-С.24-31

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ)

Ежемесячный научный журнал

№ 3 (60)/ 2019

3 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 ; 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