

В Е С Т Н И К

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

№ 4(4) (43)

2018

**Научно-технический журнал
Выходит 4 раза в год**

Алматы



АУЭС
Образован в 1975

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

057
КОД ВУЗА

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛИЦЕНЗИЯ НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ №01377445 ОТ 4.08.2010. СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ АККРЕДИТАЦИИ № 000003

БАКАЛАВРИАТ

- 5B060200 - Информатика
- 5B070200 - Автоматизация и управление
- 5B070300 - Информационные системы
- 5B070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 5B071600 - Приборостроение
- 5B071700 - Теплоэнергетика
- 5B071800 - Электроэнергетика
- 5B071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 5B073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 5B081200 - Энергообеспечение сельского хозяйства
- 5B074600 - Космическая техника и технологии
- 5B100200 - Системы информационной безопасности

КОЛЛЕДЖ

- 0901000 - Электрооборудование электрических станций и сетей
- 0906000 - Теплоэнергетические установки тепловых энергетических станций

ВОЕННАЯ КАФЕДРА

Министерство обороны РК выделяет квоту студентам АУЭС для получения специальности на военной кафедре, а также предлагает пройти курс «Молодого бойца».

ЯЗЫКИ ОБУЧЕНИЯ



КАЗАХСКИЙ



РУССКИЙ



АНГЛИЙСКИЙ

МАГИСТРАТУРА

- 6M070200 - Автоматизация и управление
- 6M071700 - Теплоэнергетика
- 6M071800 - Электроэнергетика
- 6M071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации
- 6M070400 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 6M070300 - Информационные системы
- 6M073100 - Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды
- 6M071600 - Приборостроение

ДОКТОРАНТУРА

- 6D071700 - Теплоэнергетика
- 6D071800 - Электроэнергетика
- 6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

- 1302000 - Автоматизация и управление
- 1304000 - Вычислительная техника и программное обеспечение
- 1305000 - Информационные системы
- 1306000 - Радиоэлектроника и связь

ИНОГОРОДНИМ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ОБЩЕЖИТИЕ

НАШИ КОНТАКТЫ:

🏠 г.Алматы, ул.А.Байтурсынулы 126/1

☎ +7 (727) 292 0303

✉ aues1975@gmail.com



AUES University



AUES University



@aues_university



Aues University

#АУЭС

#AUES

#AUPET

#БҮЛНИАУЭС

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Adambaev M.D., Fazylova A.R.

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF WIND-GENERATORS IN ALMATY.....5

Шерьязов С.К., Тергемес К.Т.

УСЛОВИЯ ВЫБОРА ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....9

Латыпов С.И., Калантаевская Н.И., Кошеков К.Т., Савостин А.А.

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.....18

Васильев В.А., Асанова К.М.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦЕХА МАГНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТИТАНА.....25

Риттер Е.С., Кисмирешкин В.П., Кошеков К.Т., Риттер Д.В.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ НАГРЕВ НА ОСНОВЕ ОДНОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ СВЧ ЭНЕРГИИ.....29

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Байкенов Б.С., Савин К.С., Фазылова А.Р.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА.....35

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....41

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Савостина Г.В., Риттер Д.В., Латыпов С.И.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ.....49

Кошекova Б.В., Кликушин Ю.Н., Савостин А.А. АЛГОРИТМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	55
Молдабеков М.М., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С. СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ РЕФЕРЕНЦНЫХ GNSS СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	63
ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА Айтмагамбетов А.З., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г. МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	72
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ Зальцман М.Д., Абдрешов Ш.А., Махимова А.М. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ.....	78
Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОРЕНЫХ ОЗЕР.....	87
ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ Жантурин М.Ж., Тергемес К.Т. ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.....	92
Zh. Erzhanova, J. K. Koxegen, Sh. I. Imangaliev TO THE QUESTION OF LEARNING ENGLISH SYSTEMATICALLY FOR TECHNICAL SPECIALTIES.....	96
Тойбаев С. Н., Ибраев М.С., Сэрсенбай А.С. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЯ СТЕРЖНЯ С ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТАКТА.....	102

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

УДК 620.91

M.D. Adambaev, A.R. Fazylova

Almaty University of Power Engineering and Communication, Almaty, Kazakhstan

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF WIND-GENERATORS IN ALMATY

Abstract. Since there is a constant increase in electricity prices, research in the field of energy production from non-traditional and renewable energy sources (RES), such as solar, wind, geothermal and hydropower, is becoming more relevant. The largest city of Kazakhstan and its suburbs have a powerful source of natural resources, due to which in due course it will be possible to have cheap environmentally friendly electricity.

This article provides a brief analysis of the effectiveness of one of several varieties of a horizontal-axial wind generator in the city of Almaty, calculations of the generated energy by a wind generator [1].

Key words: wind generator, coefficient of efficiency, vertical-axial turbine, battery

According to the laws of electromagnetic force and electromagnetic induction, wind generators are able to convert the mechanical energy of the wind into electrical energy [2]. Figure 1 shows the block diagram of a complete generation system.

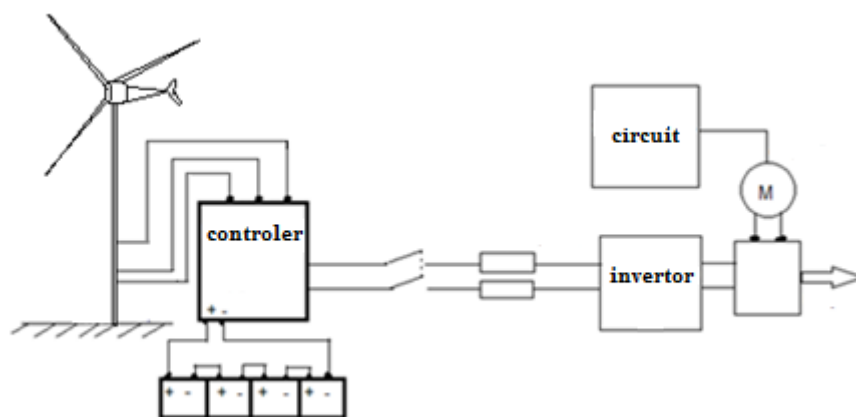


Figure 1 – Connection of the wind generator to the battery

Thus, the first step is to calculate the amount of potential energy of the wind flow in a certain area. For this we use the following formula [3]:

$$P = \rho * S * V^3 \quad (1)$$

Where:

ρ - density of the air mass, kg / m³

V - wind speed

S - area of action of the wind flow

It is also necessary to take into account that part of the wind energy is spent on various losses, such as, for example, flow around an object, a swirl, etc. In real conditions, the efficiency of the rotor is about 35-40% of the air flow. Thus, it is necessary to carry out the most close to reality calculation. For this we use the following formula [4]:

$$P = \zeta * \pi * \rho * R^2 * 0.5 * V^3 * \mu_{ред} * \mu_{ген} \quad (2)$$

Where:

ζ – coefficient of efficiency of conversion of wind energy (the nominal value of wind generators varies in the range 0.3-0.5)

ρ – density of air, kg / m³

R – radius of rotor, m

V – wind speed, m / s

$\mu_{ред}$ – efficiency of the reducer, %

$\mu_{ген}$ – efficiency of the generator, %

2 Analysis of wind energy in the city of Almaty

Figure 1 shows the dependence of wind speed on the month of the year in Almaty. The diagram shows that in the period from November to April in the city there are weak winds, from May to September monsoons create more powerful streams of air masses. On average, the wind speed is close to 12 km / h. For clarity, Figure 2 shows a wind rose for the city of Almaty.

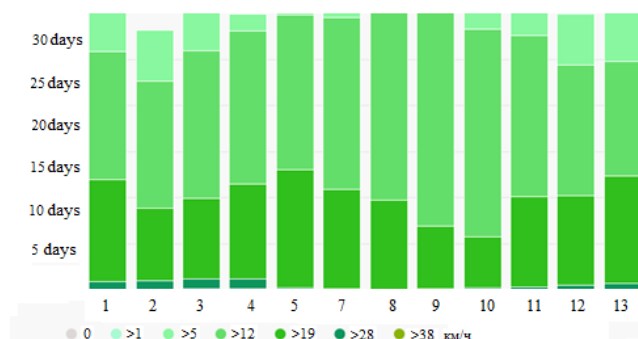


Figure 1 - Wind speed in Almaty city

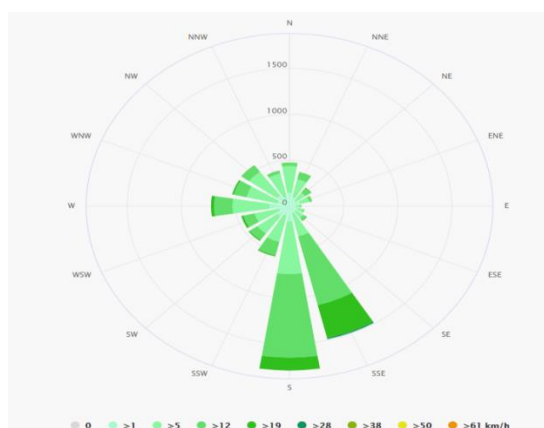


Figure 2 - Rose of the wind speed

Thus, it is necessary to design a wind generator that will be capable of efficient operation at a wind speed of 3 m / s.

3. Calculation of the wind generator

First, we calculate the power by the formula 1:

$$P = 1.25 \cdot 2.5 \cdot 2.5 \cdot 3^3 = 210,94 \text{ W}$$

Calculation of the power of the wind generator in ideal conditions, taking into account the loss in wind energy conversion, is made for the following data:

$$\zeta = 0.45$$

$$\rho = 1.25, \text{ кг/м}^3$$

$$R = 2.5, \text{ м}$$

$$V = 3, \text{ м/с}$$

$$\mu_{\text{ред}} = 0.95, \%$$

$$\mu_{\text{ген}} = 0.85, \%$$

Thus, according to formula 2, we calculate the output power:

$$P = 0.45 \cdot 3.14 \cdot 1.25 \cdot 2.5 \cdot 2.5 \cdot 0.5 \cdot 3^3 \cdot 0.95 \cdot 0.85 = 120.34 \text{ (кВт)}$$

CONCLUSION

Thus, the study found that the potential wind energy in the city of Almaty is 210.94 kW. Also from this potential energy of the wind flow it is possible to use only 120.34 kW, since the remaining energy is spent on various transformations in the generation and swirl system. Considering the fact that on average the power consumption for individual use is about 200-250 kWh per month, it can be concluded that the wind generator will efficiently and confidently cope with its work in conjunction with other energy sources (for example, with a solar battery).

REFERENCES

1. Germanovich V. "Alternative energy sources and energy saving - SPb.: Science and Technology", 2014
2. Fazylova AR, Balbaev GK "Wind turbines with a vertical axis of rotation. Development and Research - Searburucken.: Lap Lambert Academic Publishing, 2017
3. www.vetrogenerator.com (visited January 16, 2018).
4. www.meteoblue.com (visited on January 18, 2018).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Германович В., Турилин А. «Альтернативные источники энергии и энергосбережение – СПб.: Наука и Техника», 2014
2. Фазылова А.Р., Балбаев Г. К. «Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. Разработка и исследование – Searburucken.: Lap Lambert Academic Publishing», 2017
3. www.vetrogenerator.com (посещено 16 января 2018г.)
4. www.meteoblue.com (посещено 18 января 2018г.)

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В Г.АЛМАТЫ

М.Д. Адамбаев, А.Р. Фазылова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

Аннотация. В связи с постоянным ростом цен на электричество и возрастающее энергопотребление, все более актуальными становятся исследования в области добычи энергии из нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая, геотермальная и гидроэнергия. Самый крупный город Казахстана и его пригороды располагают мощным источником природных ресурсов, благодаря которым со временем возможно будет иметь дешевую экологически-чистую электроэнергию.

В данной статье приведен краткий анализ эффективности применения одного из нескольких разновидностей горизонтально-осевого ветрогенератора в городе Алматы, расчеты вырабатываемой энергии ветрогенератором [1].

Ключевые слова: ветрогенератор, КПД, вертикально-осевая турбина, аккумулятор

АЛМАТЫДАҒЫ ЖЕЛ-ГЕНЕРАТОРЛАРДЫ ҚОЛДАНУ ТАЛДАУ

М.Д. Адамбаев, А.Р. Фазылова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

Андатпа. Электр қуатының бағасының тұрақты өсуі және энергияны тұтынуды арттыру есебінен күн, жел, геотермальды және гидроэнергия сияқты дәстүрлі емес және жаңартылатын энергия көздерінен (ЭЖӨ) энергия өндірісі саласындағы зерттеулер аса өзекті болып келеді. Қазақстанның ең ірі қаласы және оның маңындағы аумақтары табиғи ресурстардың қуатты көзі болып табылады, соның арқасында үнемі экологиялық таза электр энергиясын үнемдеуге болады.

Бұл мақалада Алматы қаласындағы жел турбиналарының бірнеше сорттарының бірін қолданудың тиімділігін қысқаша талдау, жел генераторы арқылы генерацияланған энергияны есептеу.

Түйінді сөздер: ветрогенератор, тиімділік, жел, қуат көзі, аккумулятор

УДК 631.371: 658.26

С.К. Шерьязов, К.Т.Тергемес

Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия
Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

УСЛОВИЯ ВЫБОРА ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрено дальнейшее развитие электроэнергетики на базе распределенной генерации с использованием возобновляемых источников. При этом наиболее перспективным направлением является использование энергии ветрового потока. Ветроэнергетические установки в системе распределенной генерации позволяют гибко управлять самой системой и снизить потери электрической энергии при ее передаче. Для эффективного электроснабжения ветроэлектрические установки могут объединяться в составе ветропарка для снижения затрат на передачу электроэнергии, а ветропарки – в состав ветроэлектрической станции для снижения затрат на выработку электрической энергии. В статье рассмотрены условия эффективного функционирования ВЭУ и приведены условия выбора ветроэлектрических установок в составе ветропарка и ветроэлектрической станции. Результаты исследования показывают возможности эффективного электроснабжения от ВЭУ в системе распределенной генерации.

Ключевые слова: электроснабжение, распределенная генерация, ветроэнергетика, ветроэлектрические установки, ветропарк, ветроэлектрическая станция.

Актуальность задачи

Энергетика России развивается по двум направлениям, представляющая большую и малую (распределенную) энергетику. При этом распределенная энергетика по значимости не уступает большой. В число распределенной энергетики относятся установки мощностью до 30 МВт, которые развиваются на базе традиционной с использованием дизельной, газопоршневой или газотурбинной электростанции и нетрадиционной на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1].

Наиболее перспективным направлением в развитии распределенной генерации является использование местных энергоресурсов, куда следует отнести и возобновляемых источников. Использование местных энергоресурсов позволит решить многие вопросы энергоснабжения, улучшить социально-экономическую и экологическую обстановку [2]

В условиях энергосбережения и повышения энергоэффективности в системе энергоснабжения распределенная генерация на базе ВИЭ приобретает особое значение. Для потребителей рост цен на традиционные энергоносители приводит к повышению затрат на потребляемую энергию, когда как ВИЭ позволяют снизить эти затраты за счет экономии органического топлива [3,4,5].

Развитие возобновляемой энергетики в мире приняло устойчивый характер и достигает в развитых и развивающихся странах 10–25 % ежегодной выработки электроэнергии. Самые крупные энергоустановки на базе ВИЭ применяются в таких странах как: США, Китай, Германия, Франция, Япония [6,7].

Из всех направлений возобновляемой энергетики наиболее перспективным является ветроэнергетика и ВЭУ (ветроэнергетические установки) в настоящее время являются более конкурентоспособными с традиционной системой генерации. Для электроснабжения используются несколько ВЭУ, объединенные в составе ВЭС (ветроэлектрическая станция). Большие ВЭС, по установленной мощности, находятся в

штате Калифорния (США) мощностью 1550 МВт; ветроморская ВЭС, расположенная в Северном море, на западном побережье Ютландии (Дания), мощностью 210 МВт [5,8].

В последние годы в СНГ стали уделять большое внимание развитию возобновляемой энергетики. Крупным событием является проведение Всемирной выставки ЕКСПО-2017 в столице Казахстана в г. Астане «Зеленная энергия – будущее», посвященной развитию возобновляемой энергетики.

В Казахстане в 2017-м выработано 1,1 млрд кВт·ч, что на 22% больше уровня 2016 года. План на 2018-й составляет 1,7 млрд кВт·ч. Кроме того, в прошлом году введено в эксплуатацию 5 объектов ВИЭ: 3 гидроэлектростанции, 1 ветряная электростанция и 1 солнечная [9].

В текущем году планируется ввести 10 объектов ВИЭ общей мощностью 123 МВт. Установки будут располагаться в Алматинской, Акмолинской, Жамбылской, Южно-Казахстанской, Восточно-Казахстанской и Мангистауской областях [9].

Дальнейшее развитие ВИЭ в РК планируется начать с перехода на аукционный механизм. Это позволит, с одной стороны, сделать прозрачным и понятным процесс отбора проектов и инвесторов, с другой – выявить наиболее эффективные технологии и проекты. Участвовать в аукционных торгах изъявили желание ряд отечественных и иностранных компаний, среди которых ACWA Power (Королевство Саудовской Аравии), SKY Power (Канада), Shell, General Electric (США), Goldwind (Китай) [9].

В РК предусматривается достижение 30% доли альтернативной и возобновляемой электроэнергии к 2030 году в электроэнергетике, а по линии энергоэффективности стоит задача по снижению энергоемкости ВВП к 2020 году на 25% [9].

На данный момент солнечная электростанция «Бурное Солар – 1» это самая крупная в Средней Азии солнечная электростанция мощностью в 50 МВт, которая находится в Жамбылской области. 192 тыс. модулей, которые занимают площадь 150 га в Жуалынском районе, вырабатывают порядка 72 млн. кВт часов в год с помощью монокристаллических панели, и, по сути, обеспечивают 35 тыс. частных домохозяйств [9].

Ветроэнергетика выступает развивающейся отраслью в Казахстане. В декабре 2011 г. в Жамбылской области была введена в эксплуатацию первая в республике ветроэлектростанция – Кордайская ВЭС, мощностью 1,5 МВт. В декабре 2014 г. был построен первый этап из 9 ветрогенераторов, который увеличил мощность до 9 МВт. В октябре 2015 года смонтировали последние 10 агрегатов и первую промышленную ВЭС в РК «Кордай» мощностью 21 МВт полностью ввели в эксплуатацию [9].

В России суммарная установленная мощность электрогенерирующих установок, использующих ВИЭ (без учета ГЭС установленной мощностью более 25 МВт), не превышает 2200 МВт. Они вырабатывают около 8,5 млрд. кВт·ч электрической энергии, что примерно 1 % от общего объема производства электроэнергии в России [10].

Общая тенденция развития возобновляемой энергетики в России с 2000-го года имеет положительную динамику. Действует Постановление Правительства России № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности». Постановление рассматривает поддержку гидро-, ветро- и солнечных электрогенерирующих установок мощностью более 5 мегаватт. Уже запущены и действуют СЭС (солнечные электростанции) на Алтае, в Оренбургской области и республике Башкортостан. Данный опыт может быть распространен и на ВЭС, существуют уже проекты и ведутся строительство их в Ульяновской области.

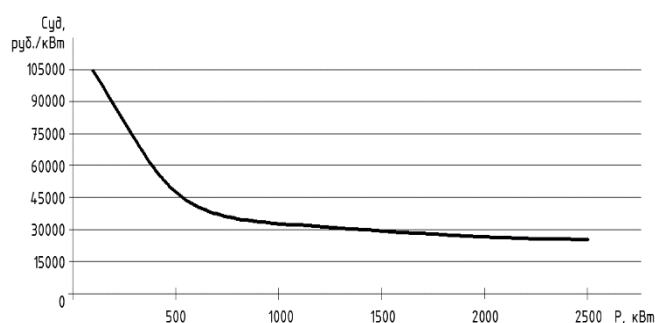
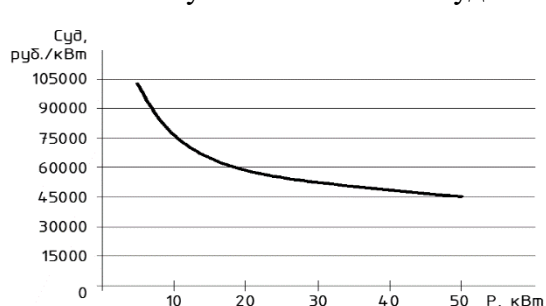
В России, согласно Постановлению Правительства за № 1-р от 08.01.2009 г., планируется к 2025 году увеличения доли ВИЭ в энергетике до 4,5% (без учета большой ГЭС). При подготовке Постановления использован Проект, определявший долю ВЭС в выработке электроэнергии 17,5 млрд кВт·ч при суммарной мощности ВЭС 7 ГВт [5].

В настоящее время суммарная мощность ВЭУ (ветроэнергетических установок) в России составляет 103 МВт [10]. В перспективе следует ожидать ее рост для достижения поставленной цели.

Таким образом, использование ВЭУ в системе распределенной генерации в целом является актуальной задачей. Для эффективного их использования необходимо определить условия их выбора и функционирования.

Методы решения задачи

Для строительства ВЭС важно определить ее состав и условия эффективного использования ВЭУ в зависимости от ветроэнергетических ресурсов местности и требуемых затрат на установки. Анализ стоимостных показателей существующих ВЭУ [4] позволил получить зависимость удельной



стоимости от установленной мощности (рис. 1).

Анализ данных показывает, что по затратам, для обеспечения потребной мощности лучше использовать несколько ВЭУ, объединенных в ВЭС. Так, например, для обеспечения потребной мощности более 100 кВт экономически выгоднее использовать несколько ВЭУ мощностью по 50 кВт.

Количество ВЭУ, соответственно суммарная мощность ВЭС зависит от режимов выработки электроэнергии и потребления ее. По сути, необходимо учитывать случайный характер поступающей ветровой энергии и график изменения электрической нагрузки

а)

б)

Рисунок 1 - Удельная стоимость ВЭУ: а) ВЭУ от 3 до 50кВт; б) ВЭУ более 50 кВт.

[11].

Эффективность использования ВЭС зависит от необходимых затрат на выработку электроэнергии от ВЭУ и передачу ее до потребителей.

Для минимизации затрат на выработку электроэнергии от ВЭС предложена математическая модель [4]. Данная модель позволяет определить основные показатели ВЭС, а также установленную мощность ВЭУ в зависимости от ветровых условий местности и характеристики потребителя:

$$\tilde{N}_{\text{ауд}} = \frac{\hat{a}_1 \cdot \hat{E}_{\text{оа.ауо1}}}{W_{\text{оа.1}}^{\text{ауо}}} \tilde{o}_1 + \frac{\hat{a}_2 \cdot \hat{E}_{\text{оа.ауо2}}}{W_{\text{оа.2}}^{\text{ауо}}} \tilde{o}_2 + \dots + \frac{\hat{a}_i \cdot \hat{E}_{\text{оа.ауоi}}}{W_{\text{оа.i}}^{\text{ауо}}} \tilde{o}_i \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где: $C_{\text{выр}}$ – удельные затраты на выработку электроэнергии, руб./кВт·ч; x_i – количество i -ых ВЭУ в составе ВЭС; $W_{\text{уд.вэу}i}$ – удельная выработка электроэнергии от ВЭУ, кВт·ч/м²; a – суммарные ежегодные отчисления на реновацию и текущий ремонт ВЭУ; $K_{\text{уд.вэу}i}$ – удельные капиталовложения на ВЭУ, руб/м².

Для исследования целевой функции приняты следующие ограничения:

$$\begin{cases} D_1 \cdot \tilde{o}_1 + D_2 \cdot \tilde{o}_2 + \dots + D_i \cdot x_i \leq D_{\text{оан}}; \\ 100d_1^2 \cdot x_1 + 100d_2^2 \cdot x_2 + \dots + 100d_i^2 \cdot x_i \leq S; \\ 0,785d_1^2 x_1 W_{\text{оа.ауо1}} + 0,785d_2^2 x_2 W_{\text{оа.ауо2}} + \dots + 0,785d_i^2 x_i W_{\text{оа.ауоi}} \leq 0,01 \cdot S \cdot W_{\text{оа}}, \end{cases} \quad (2)$$

где: P – мощность рассматриваемого типа ВЭУ, кВт; d – диаметр ветроколеса, м; $P_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка, кВт; S – площадь имеющейся территории, м²; $W_{\text{уд}}$ – ветроэнергетический ресурс с удельной площади территории кВт·ч/м².

В представленной модели важно установить ограничение по мощности ВЭС. Если ее принять равной расчетной нагрузке электрической сети, следует ожидать недоиспользование мощности ВЭС в условиях снижения нагрузки. При этом себестоимость вырабатываемой электроэнергии от ВЭС будет выше ожидаемой.

Для эффективного использования ВЭС предлагается согласовать мощности ветрового потока с электрической нагрузкой. Согласно приведенному графику электрической нагрузки предлагается ограничить мощность ВЭС по минимальной нагрузке, являющаяся базовой, которая составляет почти 50% максимальной мощности.

Тогда для полного использования мощности ВЭС, следует принять ее мощность, равной базовой $P_{\text{мин}}$ и ограничение по мощности примет вид:

$$D_1 \cdot \tilde{o}_1 + D_2 \cdot \tilde{o}_2 + \dots + D_i \cdot x_i \leq D_{\text{лб}}. \quad (3)$$

ВЭС по данному условию будет замещать только часть потребляемой электрической энергии. Для полного обеспечения потребной энергии ВЭС должна работать совместно с традиционным источником электроэнергии.

Для эффективного использования ВЭС также необходима минимизация затрат и на передачу электрической энергии. Для этого необходима компоновка схемы ВЭС с установкой центрального пункта для сбора потока мощности от всех ВЭУ для дальнейшей передачи ее в электрическую сеть или непосредственно потребителям.

Для эффективной передачи электрической энергии потребуются трансформация напряжения после согласования напряжений источника и существующей электрической сети. Трансформаторная подстанция, как правило, повышающая напряжение, может быть установлено в центре электрических нагрузок, внутри занимаемой территории ВЭС. Такая

компоновка схемы с центральным пунктом сбора и передачи электроэнергии (ЦП) позволяет минимизировать потери и затраты в целом.

Тогда для определения условий передачи электроэнергии следует выделить затраты на передачу электроэнергии по внутренней сети, от самих ВЭУ до ЦП, и по внешней сети от ЦП до электрической сети или потребителей. При этом для минимизации затрат на передачу электрической энергии, возможно, эффективно объединять несколько ВЭУ, связанных с ЦП линиями электропередачи.

Для минимизации затрат на передачу электрической энергии от ВЭС предложена целевая функция, позволяющая определить показатели электрической сети в зависимости от количества ВЭУ:

$$\tilde{N}_{\text{ia}\delta} = \frac{b_1 \cdot \hat{E}_{\text{óä.ýñ1}}}{\sum W_1 - \Delta W_1} n_1 + \frac{b_2 \cdot \hat{E}_{\text{óä.ýñ2}}}{\sum W_2 - \Delta W_2} n_2 + \dots + \frac{b_i \cdot \hat{E}_{\text{óä.ýñi}}}{\sum W_i - \Delta W_i} n_i \Rightarrow \min \quad (4)$$

где: $C_{\text{пер}}$ – удельные затраты на передачу электроэнергии, руб./кВт·ч; n_i – количество i -ых ВЭУ; $\sum W$ – суммарная выработка электроэнергии от ВЭС, кВт·ч; $K_{\text{уд.эс}}$ – капиталовложения на электрическую сеть ВЭС, руб; b – ежегодные суммарные отчисления на содержание электрической сети ВЭС в рабочем состоянии.

При исследовании необходимых затрат на передачу электроэнергии следует принять ограничение:

$$1 \leq n_i \leq x_i, \quad (5)$$

поскольку оптимальное количество ВЭУ в составе ВЭС при решении целевых функций (1) и (4) могут отличаться.

В случае, когда оптимальное количество ВЭУ (n_i) для передачи электроэнергии меньше оптимального количества для ее выработки (x_i), предлагается разделить ВЭС на несколько ветропарков. При этом каждый ветропарк, представляет собой группу ВЭУ, подключенные к одному центру питания, возможно и с трансформаторной подстанцией (рис.2).

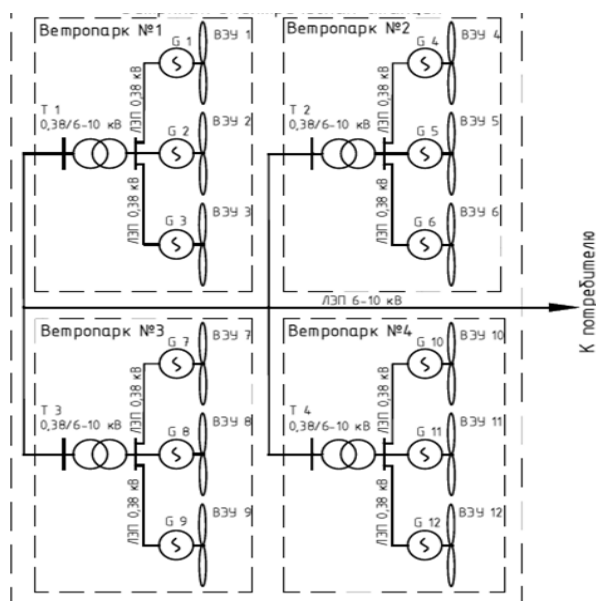


Рисунок 2 - Структурная схема ВЭС при $x \approx 4 \cdot n$

Совместное решение целевых функций (1) и (4) показали, что существуют экономически выгодные ВЭС, состоящие из одного или нескольких ветропарков.

После выбора ВЭС с оптимальными параметрами, обеспечивающие минимальные затраты на выработку и передачу электрической энергии, не сложно определить удельные затраты на электроснабжение в целом. При этом согласно условию (3) необходимо учитывать совместную работу ВЭС с традиционным источником и долю электрической энергии, передаваемую по электрической сети или потребляемую электроприемниками.

Удельные затраты на электроснабжение от комбинированной системы должна учитывать затраты на электроэнергию от традиционного источника. Тогда стоимость электроэнергии при использовании ВЭС совместно с традиционным источником в системе электроснабжения можно определить по выражению [12]:

$$\tilde{N}_{\tilde{n}} = \tilde{N}_{\tilde{o}} \cdot (1 - f) + C_{\tilde{a}\tilde{y}\tilde{n}} \cdot f, \quad (6)$$

где: $C_{\tilde{t}}$ – стоимость электроэнергии от традиционного источника, руб./кВт·ч; $C_{\tilde{вэс}}$ – стоимость электроэнергии от ВЭС, руб./кВт·ч; f – доля замещаемой электрической энергии от ВЭС.

ВЭС может вырабатывать электроэнергию в электрическую сеть или конкретному потребителю. Тогда, например, при средней цене электроэнергии от традиционного источника 6 руб./кВт·ч и от ВЭС - 4 руб./кВт·ч, стоимость электроэнергии от комбинированной системы при $f=0,5$, может составить

$$\tilde{N}_{\tilde{n}} = 6 \cdot (1 - 0,5) + 4 \cdot 0,5 = 5 \text{ руб./кВт·ч}.$$

Полученный результат показывает снижение удельных затрат на передаваемую электрическую энергию на 1 руб./кВт·ч или на 17%. В условиях выхода ВЭС на оптовый рынок электрической энергии, согласно Постановлению Правительства РФ за № 449,

окупаемость электростанции может сократиться из-за роста стоимости электроэнергии в часы пик (спроса на электроэнергию).

Заключение

Одним из путей энергосбережения, путем снижения потери энергии, особенно при ее передаче, является развитие распределенной генерации на основе multifunctional энерготехнологического комплекса, который служить для производства электрической и тепловой энергии. При этом в условиях роста затрат на традиционные энергоносители в составе МЭК возможно использование возобновляемых источников, в частности ветроэлектрических установок.

Развитие ветроэнергетики в системе распределенной генерации способствует повышению ее энергоэффективности и снижению затрат на потребляемую энергию. Для распределенной генерации на базе ВЭУ важно определить условия выбора источников энергии с оптимальными параметрами.

Для эффективного электроснабжения потребуется несколько ВЭУ в составе ВЭС, количество которых следует оптимизировать по объему вырабатываемой электроэнергии. При этом для снижения затрат на передачу электрической энергии необходимо их объединять сначала в составе ветропарка с центром сбора и передачи энергии. Ветропарки в свою очередь могут быть объединены в составе одной ВЭС для минимизации затрат на выработку электрической энергии.

В качестве примера рассмотрены условия выбора ВЭС в составе МЭК. Результаты исследования в условиях Челябинской области показывают, что при замещении передаваемой электроэнергии от ВЭС на 50%, стоимость электрической энергии снижается примерно на 17%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года / Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. Редько И.Я. Особенности развития распределенной энергетики в России. // СОК, №11 - 2014
3. Sheryazov, S.K., Ptashkina-Girina, O.S. Increasing power supply efficiency by using renewable sources. International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, Proceedings 2016 . DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910986.
4. Шерязов С. К. Ветроэлектрические установки в системе электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: Монография. / С. К. Шерязов, М.В. Шелубаев. – Челябинск : Южно-Уральский ГАУ, 2018. – 184 с.
5. Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах. / В.И. Велькин – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 226 с.
6. Verlinden, Julia 2015: Ohne die Gr̃nen g̃dbe es das EEG nicht. PV magazine [Электронный ресурс] : URL:http://www.pvmagazine.de/nachrichten/details /beitrag/ohne-die-grnen-gbees-das-eeг-nicht_100018748 (дата обращения: 16.07.2018).
7. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), 2016: (Renewables 2015 Global Status Report. [Электронный ресурс] : URL : <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report> (дата обращения: 16.07.2018).

8. Развитие технологий ветроэнергетики в мире. // Аналитический центр при правительстве РФ. [Электронный ресурс] : <http://ac.gov.ru/publications> (дата обращения: 16.07.2018).
9. Новые шаги в развитии ВИЭ в Казахстане. [Электронный ресурс] : <https://eenergy.media/2018/03/19/novye-shagi-v-razvitii-vie-v-kazahstane/> (дата обращения : 05.09.2018).
10. Kuznetsov D., Mennen H. Analyse der Schlüsselfaktoren zur Entwicklung erneuerbarer Energien in Russland. Agro-Industrial Complex of Russia. Volume 23. № 2. Chelyabinsk, South-Ural State Agrarian University, 2016. pp. 356-367.
11. Гуртовец А. Электрическая нагрузка в энергосистеме. / А. Гуртовец, Е. Забелло // Новости электротехники. - 2008 г. - № 5. С.15-23
12. Шерязов С.К. Разработка метода определения параметров ветропарка/С.К. Шерязов, М.В. Шелубаев // Вестник КрасГАУ. – 2014. - Вып. 10. – С. 182-187.

REFERENCES

1. Energy strategy of Russia for the period until 2030 year / Order of the Government of the RF from 13 November 2009. № 1715-р. (RU).
2. Redko I.Y. Features of the development of distributed power in Russia. Plumbing. Heating. Conditioning. (P.H.C.) №11 - 2014. (RU).
3. Sheryazov, S.K., Ptashkina-Girina, O.S. Increasing power supply efficiency by using renewable sources. 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, Proceedings 2016 . DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910986. (EN)
4. Sheryazov, S.K., Shelubaev M.V. Vetroelektricheskie ustanovki b sisteme elektrosnabgenya selskohozyastvennih potrebitelei: Monografya. 2018. Wind power plants in the power supply system of agricultural consumers. Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University, p. 184. (RU).
5. Velkin V.I. Methodology of calculation of complex systems RE for use in autonomous objects. Yekaterinburg: UrFU, 2015.– p. 226. (RU).
6. Verlinden, Julia 2015: Ohne die Gr̃nen g̃lbe es das EEG nicht. PV magazine : Website - http://www.pvmagazine.de/nachrichten/details/beitrag/ohne-die-grnen-gbees-das-eeg-nicht_100018748 (retrieved: 16.11.2016). (EN)
7. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), 2016: (Renewables 2015 Global Status Report] : Website. - <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report> (retrieved: 16.11.2016). (EN)
8. Technology development of wind power in the world]. Analytical center by the Government of the RF. Electronic resource : Website. - <http://ac.gov.ru/publications> (retrieved: 16.11.2016)]. (EN)
9. New Steps in the Development of RES in Kazakhstan : Website - <https://eenergy.media/2018/03/19/novye-shagi-v-razvitii-vie-v-kazahstane/> (retrieved: 05.09.2018).(RU)
10. Gurtovez A. , Zabello E. The electrical load in the power system. News of electrical technics. № 5 (53) 2008. - pp. 15 – 23. (RU).
11. Sheryazov, S.K., Shelubaev M.V. Development of the method for determining the parameters of a wind farm. Vestnik KrasSAU. Krasnoyarsk, 2014. – Outd. 10. – pp. 182-187. (RU).

12. Sheryazov, S.K. 2008. Renewable Resources in Energy Supply of Agricultural Consumers. Chelyabinsk: CSAU, p. 300. (RU).

**CONDITIONS FOR THE SELECTION OF A WIND-ELECTRIC STATION IN
IN THE SYSTEM OF ELECTRICAL SUPPLY**

S.K. Sheryazov

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

Annotation. The article considers the further development of the electric power industry on the basis of distributed generation using renewable sources. The most promising direction is the use of wind energy. Wind power plants in the distributed generation system allow flexible control of the system itself and reduce losses of electric energy during its transmission. For efficient electrical supply, wind power plants can be combined as a part of a wind farm to reduce energy transmission costs, and wind farms are part of a wind power station to reduce the cost of generating electricity. The conditions for effective functioning of wind power plants(WPP) are considered in the article and the conditions for choosing wind power plants in the wind park(farm) and wind power station are presented. The results of the study show the possibilities of efficient electrical supply from the WPP in the distributed generation system.

Key words: electrical supply, distributed generation, wind energy, wind power plants, wind farm(park), wind power station

МРНТИ 44.01.81

С.И. Латыпов¹, Н.И. Калантаевская, К.Т. Кошеков, А.А. Савостин

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
г.Петропавловск, Казахстан

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Аннотация. Электроэнергия является важной компонентой в любой современной сфере деятельности человека. От слаженной работы всех устройств и систем, участвующих в выработке, передачи и распределении электроэнергии зависит качество выпускаемой продукции предприятий различного направления, а так же деятельность социальных и бытовых объектов. Своевременная диагностика электрооборудования является неотъемлемой частью комплекса мероприятий, направленных на повышение надёжности электроснабжение потребителей.

Для передачи электрической энергии от первичного источника питания к конечному потребителю задействовано различное оборудование. Одним из важных элементов электроэнергетической системы является силовой трансформатор. Соответственно, его диагностика так же важна для правильной работы системы в целом. В процессе диагностики удаётся определить текущее состояние элементов конструкции, обнаружить повреждения, а так же спрогнозировать их развитие во времени.

Ключевые слова: электроэнергетическое оборудование, средства диагностики, силовой трансформатор, интеллектуальные системы.

Появление дефектов в трансформаторе могут стать следствием ряда процессов: нарушение технологии сборки; нарушение правил эксплуатации; ненормальные режимы работы; старение материалов конструкции.

Треть всех повреждений возникают вследствие дефектов, заложенных еще на заводе изготовителе. То есть можно говорить о несовершенстве технологий сборки трансформаторов. Более 80% повреждений затрагивает электрическую часть трансформатора.

Диагностирование неисправностей, как правило, производится в комплексе. Самыми распространенными манипуляциями при этом являются: измерение характеристик изоляции; измерение сопротивления обмоток; испытание системы охлаждения давлением; испытание трансформаторного масла и так далее.

Наиболее целесообразно контролировать состояние трансформатора, в том числе и отдельных частей конструкции, в процессе его эксплуатации. В этом случае своевременное обнаружение первых признаки развития дефекта увеличивает шанс на восстановление неисправностей и, как следствие, продление срока эксплуатации дорогого оборудования.

Системы, позволяющие контролировать состояние силового трансформатора под рабочим напряжением, одновременно анализируют множество параметров. Кроме текущего состояния элементов конструкции и используемых материалов в расчёт принимается срок эксплуатации и режим работы. В том числе может производиться автоматическая регулировка некоторых параметров (например охлаждения), передача данных на центральный диспетчерский пункт, а так же отключение питания и нагрузки. Повсеместному внедрению таких систем мешает их конечная стоимость, которая может достигать более ста тысяч долларов.

В то же время, не всегда требуется диагностика всех возможных характеристических величин. О возникновении неисправностей можно судить и косвенно. Например, при хроматографическом анализе растворенных газов (ХАРГ) в трансформаторном масле можно судить о целом ряде неисправностей, а так же прогнозировать развивающиеся дефекты. Важным параметром при анализе растворенных газов является измерение скорости изменения их концентрации. Определение скорости изменения концентрации, как правило, затруднено из-за значительного отдаления хроматографа от исследуемого объекта.

То же самое можно сказать и о диагностике частичных разрядов (ЧР). Их регистрация возможна только при включенном трансформаторе. При этом берется во внимание высокочастотный спектр излучения, для выделения ЧР из собственных шумов трансформатора. Для расшифровки регистрируемых данных используется персональный компьютер и специализированное программное обеспечение, которые не всегда имеются под рукой. То есть, как и в случае с ХАРГ, данные необходимо передать в лабораторию для анализа.

Установка вычислительных мощностей на территории каждой подстанции экономически не целесообразно. К тому же, такое количество сложного оборудования, рассредоточенного на обширной территории, потребует соответствующее число высококвалифицированных специалистов для его обслуживания. Реализация такого решения остаётся актуальной только на крупных узловых (ответственных) подстанциях.

Одним из путей решения данной проблемы является разделение функций регистрации и вычисления данных, а так же централизация обработки и хранения информации. Так каждый силовой трансформатор необходимо оснастить минимальным набором датчиков. Исключаются из системы диагностики те датчики, информация с которых может быть прямо или косвенно получена от других.

Например, в системе диагностики TDM-M, производимой компанией «Димрус» (г. Пермь, РФ), предлагается набор регистрирующих компонентов для мониторинга шести параметров [1].

По аналогии с указанной системой диагностики можно собрать комплект первичных преобразователей (датчиков), организовать передачу данных на центральный сервер, где силами мощного вычислительного комплекса проводить анализ и хранение результатов, а так же выдачу рекомендаций по дальнейшим действиям.

Для сбора и передачи данных можно воспользоваться готовыми решениями, например GSM-контроллер CWT5111 GPRS RTU. Данное устройство представляет собой удаленный терминал, поддерживающий пакетную передачу данных GPRS сети GSM.

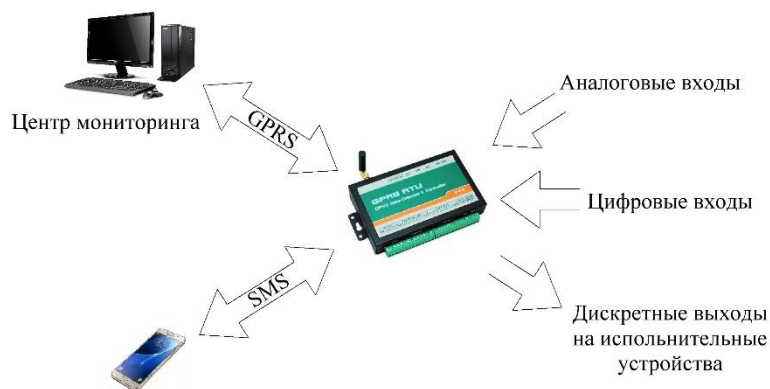


Рисунок 1 – Возможности контроллера CWT5111.

Контроллер предназначен для беспроводного мониторинга удаленных датчиков и управления оборудованием. CWT5111 GPRS RTU имеет четыре аналоговых входа, восемь дискретных входов и восемь электронных выходов «открытый коллектор». Контроллер также поддерживает передачу данных в виде простых SMS-сообщений, включающих извещения о срабатывании и восстановлении дискретных входов, извещения о достижении уставок аналоговых входов и др. Управление дискретными выходами производится на условиях, заданных во время конфигурирования контроллера или посредством внешних SMS-команд. [2]

На центральном компьютере, на который посылается вся информация от множества контроллеров необходимо установить программное обеспечение, выполняющее следующие функции: приём информации с периферийных контроллеров; математическая обработка данных; составление базы данных; формирование «диагноза» и рекомендаций.

Так же предполагаемое программное обеспечение, посредством обратной связи, могло бы дистанционно управлять коммутационным оборудованием, предотвращая аварийные ситуации.

В основе работы программного обеспечения лежит теория идентификационных измерений сигналов (ТИИС). Содержанием ТИИС является технология измерения формы – распределения мгновенных значений и вариабельности – распределения временных интервалов сигнала и его характеристик с обработкой идентификационных параметров в структуре глобальных эталонов с помощью идентификационных шкал. База знаний строится на основе применения основных положений ТИИС – комплекса интеллектуальных технологий (методов и компьютерных средств) идентификации, распознавания и цифровой обработки сигналов [3, 4].

Интеллектуальный компьютерный прибор может функционировать в двух режимах: обучения и исследований, каждый из которых можно описать шагами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы работы интеллектуального компьютерного прибора

Режим обучения	Режим исследования
1. Моделирование состояния. Например, искусственное введение дефекта или установление нового состояния объекта диагностики или мониторинга в режиме исследования. 2. Автоматический сбор измерительных сигналов во всех измерительных точках. 3. Формирование файлов с массивами распределений мгновенных значений сигналов и запись ссылок на файлы в соответствующие ячейки базы данных БД-1. 4. Обращение к эксперту, исследование объекта диагностики или мониторинга, внесение лингвистического заключения для соответствующего состояния $C(i)$ в БД-1. 5. Идентификационные измерения базой знаний (БЗ) всех массивов распределений мгновенных значений сигналов с помощью тестеров. 6. Запись идентификационных параметров и состояний $C(i)$ в соответствующие ячейки БД-2.	1. В режиме диагностики или мониторинга автоматический сбор измерительных сигналов во всех измерительных точках для исследовательского состояния $C(x)$. 2. Формирование файлов с массивами распределений мгновенных значений сигналов и запись ссылок на файлы в соответствующие ячейки БД-1 для состояния $C(x)$. 3. Идентификационные измерения БЗ массивов распределений мгновенных значений сигналов с помощью тестеров. 4. Запись идентификационных параметров и состояния $C(x)$ в соответствующие ячейки БД-2. 5. Циклическое построчное сравнение соответствующих идентификационных параметров БД-2 под управлением решателя. 6. Если определится равенство всех идентификационных параметров строки состояния $Id_{ij}(j = \{1 \dots M\}) = Id_{(i+1)j}(j = \{1 \dots M\})$, то переход на следующий шаг, иначе переход в режим обучения. 7. Принять $C(x) = C(i)$. 8. Вывод на монитор или на печать заключения о состоянии $C(x)$.

Возможности интеллектуального компьютерного прибора были протестированы при акустической диагностике четырёх силовых трансформаторов с заведомо известным дефектом: увлажнение трансформаторного масла.

Акустические сигналы были записаны при помощи ультразвукового модератора «Дельфин» и переданы на компьютерный прибор в виде звуковых файлов WAV. В результате сэмплирования получен массив выборок. В виду периодического характера звукового файла было решено использовать только первые 15000 выборок.

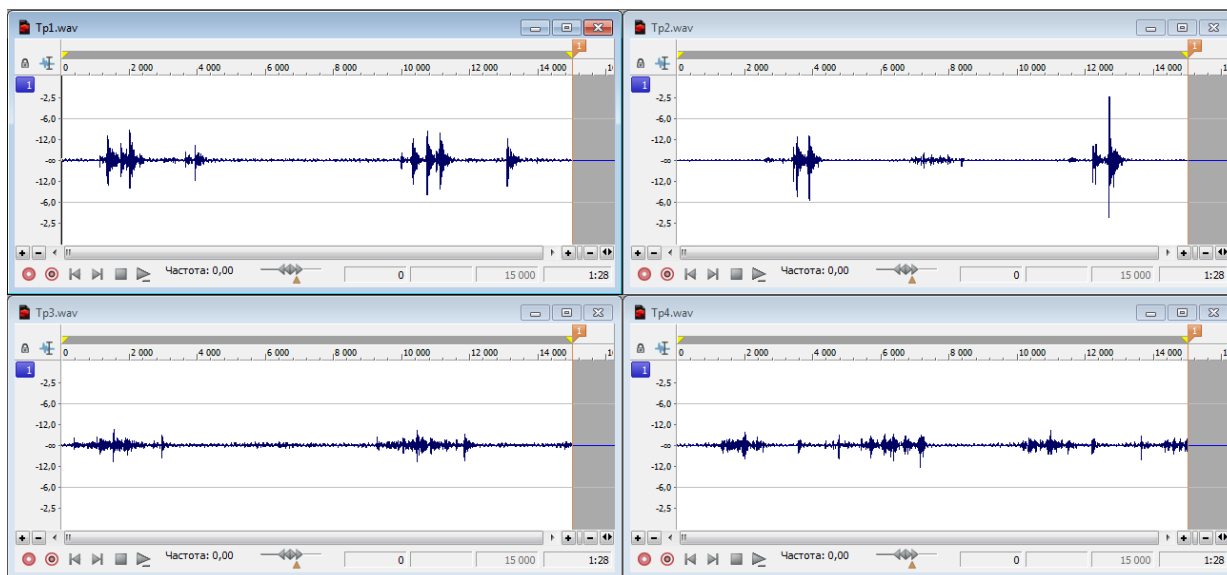


Рисунок 2 – Форма диагностических сигналов трансформаторов

Далее для получения характеристических величин исследуемых сигналов были найдены ряд параметров, характеризующих распределение значений уровней отдельных выборок.

Стандартное отклонение элементов массива (среднеквадратичное отклонение) вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |A_i - \mu|^2}, \quad (1)$$

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i, \quad (2)$$

где N – количество выборок массива;

A_i – i -й элемент выборки;

μ – среднее арифметическое выборки.

Медиана представляет собой число в массиве, для которого половина всех чисел массива больше, а половина меньше. Получается путём выбора среднего элемента в массиве после упорядочивания всех чисел по возрастанию или убыванию.

Интерквартильный размах представляет разницу между 75% и 25% процентилями выборки. Интерквартильный размах является робастной оценкой разброса значений выборки.

Энергия сигнала вычисляется по формуле:

$$energy = \frac{\sum_{i=1}^w |F_i|^2}{|w|}, \quad (3)$$

где F_i – компоненты спектра дискретного вейвлет-преобразования,
 w – размер окна (число компонент спектра).

Среднее абсолютное отклонение, или просто среднее отклонение – величина, используемая для оценки прогнозных функций, вычисляется по формуле:

$$mad = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |A_i - m(A)|, \quad (4)$$

где n – количество выборок;

$m(A)$ – среднее арифметическое значение.

Среднее квадратическое (квадратичное) значение это число, равное квадратному корню из среднего арифметического квадратов данных чисел:

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |A_i|^2}. \quad (5)$$

Дисперсия это мера разброса значений случайной величины относительно её математического ожидания. Вычисляется по формуле:

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N |A_i - \mu|^2. \quad (6)$$

Мода – значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.

Энтропия по Шенону – информационная двоичная энтропия для независимых случайных событий A с N возможными состояниями, распределённых с вероятностями p_i :

$$H(A) = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i. \quad (7)$$

Таблица 2 – Результаты вычислений параметров диагностических сигналов

Наименование параметра	Исследуемые трансформаторы			
	T1	T2	T3	T4
Минимальное значение (min)	-0,53842	-0,39108	-0,27277	-0,21213
Максимальное значение (max)	0,530884	0,36496	0,182434	0,197968
Средне значение (mean)	0,000044	-0,000019	0,000028	-0,000005
Стандартное отклонение элементов массива (std)	0,028794	0,026803	0,025857	0,022207
Медиана (median)	0,000488	0,000183	0,000488	0,000122

Интерквартильный размах (iqr)	0,014008	0,022278	0,022781	0,022125
Энергия сигнала (energy)	0,010281	0,011996	0,012247	0,011996
Среднее абсолютное отклонение (mad)	0,013433	0,016209	0,017239	0,015332
Среднеквадратическое значение (rms)	0,028793	0,026802	0,025856	0,022206
Дисперсия (var)	0,000829	0,000718	0,000669	0,000493
Мода (mode)	0,001678	0,00174	0	0
Энтропия по Шенону (entropy)	3,652764	4,806259	4,938141	4,771812

По полученным данным можно предположить, что такой параметр как «энергия сигнала» может характеризовать вид дефекта. Для подтверждения данной гипотезы были так же обследованы диагностические сигналы других трансформаторов с уже известными дефектами. Результаты исследования подтвердили догадку о возможности диагностирования дефекта по параметрам акустического сигнала.

В работе исследовался не весь диагностический сигнал, а только его часть. Выборки временных отрезков производились оператором на основании визуального представления акустического сигнала, что не исключает внесение ошибки. Для исключения влияния человеческого фактора, а так же для получения более точных, достоверных результатов необходимо задействовать машинные алгоритмы обучения. Компьютерный прибор в автоматическом режиме анализирует сигналы на наличие скрытых закономерностей, не доступных взгляду оператора.

Точность прогноза будет непрерывно повышаться благодаря циклической работе интеллектуального прибора и постоянному пополнению базы данных.

Направление дальнейших исследований необходимо сконцентрировать на наращивании базы данных компьютерных приборов идентификационных измерений для идентификации других дефектов электроэнергетического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Системы мониторинга трансформаторного оборудования. TDM-M – система диагностического мониторинга силовых трансформаторов 110-330 кВ. Руководство. Компания «Димрус», г.Пермь.
- [2] User's Manual of CWT5000 Products. Version 2.0 (2008-5-13). ООО «РусАвтоматизация», г.Челябинск.
- [3] Koshekov K.T., Klikushin Yu.N., Kobenko V.Yu., Evdokimov Yu.K. and Demyanenko A.V. Fuel Cell Diagnostics Using Identification Measurement Theory // J. of Fuel Cell Science and Technology 11(5). 051003. Paper No: FC-14-1027.
- [4] Klikushin Yu.N., Koshekov K.T., Kobenko V.Yu., Trunin E.S. An algorithm for evaluating the state of a generating unit based on the identification measurements of vibrosignals // Russian J. of Nondestructive Testing. July 2014. V. 50. Issue 7. P. 413–418.

REFERENCES

- [1] Monitoring systems for transformer equipment. TDM-M is a diagnostic monitoring system for power transformers of 110-330 kV. Guide. Company «Dimrus», Perm.
- [2] User's Manual of CWT5000 Products. Version 2.0 (2008-5-13). LLC RusAvtomatization, Chelyabinsk.
- [3] Koshekov K.T., Klikushin Yu.N., Kobenko V.Yu., Evdokimov Yu.K. and Demyanenko A.V. Fuel Cell Diagnostics Using Identification Measurement Theory // J. of Fuel Cell Science and Technology 11(5). 051003. Paper No: FC-14-1027.

[4] Klikushin Yu.N., Koshekov K.T., Kobenko V.Yu., Trunin E.S. An algorithm for evaluating the state of a generating unit based on the identification measurements of vibrosignals // Russian J. of Nondestructive Testing. July 2014. V. 50. Issue 7. P. 413–418.

ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ДАБЫЛДАРДЫҢ САНДЫҚ ӨНДЕУІН ҚОЛДАНУМЕН КҮШТІК ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ ЖАҒДАЙЫНЫҢ ҚАШЫҚТЫҚ МОНИТОРИНГІСІ

С.И. Латыпов¹, Н.И. Каландатаевская¹, К.Т. Кошеков¹, А.А. Савостин¹

¹М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті, Петропавл қ., Қазақстан

Аңдатпа. Электр энергиясы адам қызметінің кез-келген заманауи саласының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Электр энергиясын өндіру, беру және үйлестіруге қатысатын барлық құрылғылар мен жүйелердің үйлесімді жұмысынан түрлі бағыттардағы кәсіпорындардың өнімдерінің сапасы, сондай-ақ әлеуметтік және тұрмыстық нысандардың қызметіне байланысты болып келеді. Электр жабдықтарын өз уақытында диагностикалау тұтынушылардың энергиямен жабдықтау сенімділігін арттыруға бағытталған бірқатар іс-шаралар кешенінің ажырамас бөлігі болып табылады.

Электр энергиясын негізгі қуат көзінен соңғы пайдаланушыға беру үшін әртүрлі жабдықтар қатысады. Электр энергетикалық жүйенің ең маңызды элементтерінің бірі күштік трансформаторлар болып табылады. Тиісінше, оның диагнозы тұтастай алғанда жүйенің дұрыс жұмыс істеуі үшін маңызды. Диагностика үдерісінде құрылым элементтердің ағымдағы жағдайын анықтауға, зақымдануын табуға, сондай-ақ оларды уақыт бойынша дамуын болжауға болады.

Кілттік сөздер: электр энергетикалық жабдықтары, диагностиканың құралдары, күштік трансформаторы, зияткерлік жүйелер.

REMOTE MONITORING OF THE CONDITION OF POWER TRANSFORMERS WITH THE APPLICATION OF DIGITAL PROCESSING OF DIAGNOSTIC SIGNALS

S.I. Latypov¹, N.I. Kalantaevskaya¹, K.T. Koshekov¹, A.A., Savostin¹

¹M. Kozybayev North-Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan

Abstract. Electricity is an important component in any modern field of human activity. The products quality of enterprises of different directions, as well as the activities of social and household facilities depends on the coordinated work of all devices and systems involved in the development, transmission and distribution of electricity. Timely diagnostics of electrical equipment is an integral part of a set of measures aimed at improving the reliability of electrical supply to consumers.

For the transmission of electrical energy from the primary power source to the end user various equipment is involved. One of the important elements of the electro power system is a mains transformer. Accordingly, its diagnosis is also important for the correct operation of the whole system. In the process of diagnostics, it is possible to determine the current state of the structural elements, to detect damages, as well as to predict their development over time.

Key words: electric power equipment, diagnostic tools, mains transformer, intelligent systems.

МРНТИ 53.37.15

В.А. Васильев, К.М. Асанова

Алматинский университет энергетики и связи. г. Алматы, Казахстан

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЦЕХА МАГНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТИТАНА

Аннотация. Для создания замкнутого цикла производства, связанного с получением титана, необходимо перемещать сырьё из одного цеха в другой, используя транспортирующие устройства. Для транспортировки хлористого магния, получаемого в процессе сепарации титана и получения из него магния, в электролизёрах смежного цеха, служат ковшы для его перевозки. В процессе эксплуатации они обрастают настылями, которые надо удалять. Предложена конструкция установки для очистки с использованием индукционного нагрева и электродинамических воздействий, отвечающая требованиям экологии. Для подключения такой установки в электрическую сеть рассмотрена схема электроснабжения и произведён выбор электротехнического оборудования. Оценён эффект от реализации такой установки.

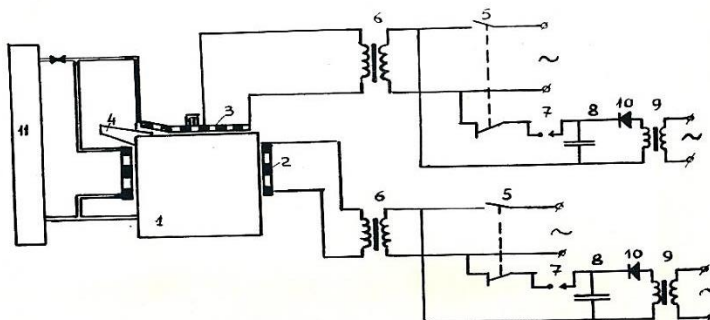
Ключевые слова: титан, хлористый магний, ковш, настыль, индукционный нагрев, электродинамическое воздействие, трансформатор, схема электроснабжения.

В металлургии чёрных и цветных металлов задействованы в совокупности целые производства, связанные единым технологическим циклом, для получения конечной продукции. Находясь часто на одной территории, эти производства выполняют разные функции и связь между ними осуществляется передачей продукции одного цеха для выполнения работ в другом цехе. Характерным примером может быть производство титана, где получение его осуществляется металлотермическим способом, в котором применяется магний, взаимодействие которого с хлоридом титана позволяет получить чистый титан. Хлорид титана получаю в цехе четырёххлористого титана из титановых шлаков путём их обработки хлором в присутствии углерода. Магний получают путём электролиза. Основным сырьем для получения магния является карналлит ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Электролизу подвергают расплав солей (основная составляющая MgCl_2). Другим источником MgCl_2 является этаже соль, которая образуется в процессах восстановления и сепарации. Процесс восстановления титана предшествует процессу сепарации, которая ведётся под вакуумом [Л1].

Таким образом, каждый из процессов осуществляется в соответствующем цехе, которые находятся на одной территории и должны соответствующим образом объединены между собой. Цех магния является одним из основных при получении титана не только по объёму продукции, но и самым крупным потребителем электрической энергии для электролиза. Чтобы связать в технологическую цепочку электролиз магния, вакуумную сепарацию и восстановление, необходимо перемещать исходную и конечную продукцию между цехами. Это возможно осуществлять при помощи ковшей для транспортировки хлористого магния, которые имеют свои особенности и должны соответствующим образом обслуживаться. С конструктивной точки зрения ковш для транспортировки хлористого магния имеет ограниченный срок службы, оцениваемый десятью месяцами, из-за образуемых настелей при транспортировке и сливах хлористого магния, что затрудняет его чистку и уменьшает его объём со временем. Настыль состоит из хлоридов, оксидов и оксихлоридов магния и примесей. При очистке традиционными методами процесс является трудоёмким, экологически вредным и снижает срок службы ковша в целом. Такая очистка предполагает подачу на стенд очистки тигля горячей воды, пара, приспособлений для слива кислых стоков в канализацию и отсоса газов [4]. Предложены

методы очистки путём нагрева корпуса тигля со стороны неметаллических загрязнений токами высокой частоты. Сотрудниками АУЭС и УКТМК предложен способ предварительной обработки тигля для уменьшения сцепления неметаллических загрязнений со стенками тигля с дальнейшим электрофизическим воздействием в процессе его охлаждения. Предварительно следует нагреть подину тигля с прилегающими к ней стенками до 650 - 700°C, а затем путём электродинамических ударов с энергией 4 - 5 КДж, с частотой 10 - 15 раз в минуту, в течение тридцати минут (30 минут) [2].

На рисунке 1 представлена схема установки для очистки металлических изделий от неметаллических загрязнений. Основными узлами этого приспособления являются: закреплённый на держателе индуктор, размеры которого вдоль одной оси симметрии больше размеров вдоль другой оси симметрии при взаимной перпендикулярности осей; устройства для перемещения индуктора и изделия-ковша; источника переменного тока, соединённого с индуктором посредством токоподвода и контактного элемента; держателя, имеющего возможность перемещения ковша относительно индуктора для изменения глубины прогрева из-за неоднородности настыля и возможных появлений шероховатостей поверхности ковша. Также устройство снабжено цилиндрическим индуктором, располагаемым соосно с ковшом и закреплённым на его внешней поверхности стационарно. Устройство даёт возможность одновременно проводить термическую и электродинамическую обработку изделия.



1 – ковш; 2 - цилиндрический индуктор; 3 - плоский индуктор; 4 - лётка ковша;
5 - выключатель тока промышленной частоты; 6 - источник переменного тока;
7 – разрядник; 8 - импульсный конденсатор; 9 - источник питания зарядного
устройства; 10 - зарядное устройство; 11 - система подачи хладагента (охлаждающей
жидкости).

Рисунок 1 - Принципиальная схема установки для очистки ковша от неметаллических загрязнений

К каждому индуктору подводится переменный ток с частотой 50 Гц, что даёт возможность вести нагрев по всей толщине стенки и дна ковша при условии того, что глубина проникновения электромагнитной волны в нержавеющей стали составляет 50 - 70 мм в зависимости от температуры нагрева, а толщина стенки ковша, выполненного из нержавеющей стали, составляет 10 мм. Индукторы располагаются на той части ковша, которая подлежит очистке, и являются источниками нагрева, охлаждения и электродинамических ударов. При индукционном нагреве происходит одновременный нагрев корпуса ковша и настылей до заданной температуры. При охлаждении происходит интенсивный отбор тепло за счёт пропускания в полости индуктора охлаждающей жидкости от её источника. Скорость охлаждения регулируется количеством охлаждающей жидкости, проходящей через индуктор. При охлаждении нагретого ковша и настылей, за

счёт того, что нержавеющая сталь и хлористый магний имеют различные коэффициенты теплопроводности и температурного расширения, происходит разрыв контактного слоя между хлористым магнием и корпусом ковша. Всё это происходит в обратной последовательности, чем при нагреве. Импульсный ток, поступающий в это же время в индуктор от источника импульсного тока, производит электродинамическое действие, передаваемое от ковша к настылю, разрушая его. Достаточно одного нагрева и охлаждения, чтобы выполнить качественную очистку ковша [3].

Эффективная работа устройства обеспечивается при величине тока, протекающего по индукторам при нагреве, в пределах 3 - 3,5 кА. В тоже время индукционные установки, имеющие низкий коэффициент мощности, должны быть оснащены конденсаторными батареями для поднятия коэффициента мощности до требуемых пределов. Таким образом, наличие такой установки в схеме электроснабжения цеха требует её модернизации. Если учесть то обстоятельство, что ковшей для транспортировки хлористого магния несколько единиц в обслуживании процессов восстановления и сепарации титана, то установок для очистки должно быть не менее двух, чтобы обеспечивать бесперебойность процессов.

Каждая установка должна быть оснащена двумя однофазными трансформаторами мощностью 250 кВА с номинальным током 3500 А на стороне низкого напряжения и комплектом аккумуляторных батарей согласно расчёту компенсации реактивной мощности. Для подключения устройства электродинамического воздействия в процессе охлаждения ковша потребуется установка двух однофазных трансформаторов мощностью по 100кВА для разрядных конденсаторов в схеме зарядного устройства. В целом отделение по очистке ковшей будет иметь потребляемую мощность 1500кВА, что потребует установки трёхфазного силового трансформатора мощностью 1600кВА. Установку можно отнести к третьей категории электроустановок по надёжности электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Магнийтермический способ получения титана./ Адрес доступа: <http://www.chemiemaniamania.ru/chemies-7704-1>.
- 2 А.с. СССР №1366240, кл.ВО8В 7/00, 1988.
- 3 Р.К. ПАТЕНТ на изобретение № 2766 Устройство для очистки изделий. 1995.
- 4 /РИ 03-12-87, утверждена гл. инженером УКТМК от 27.03.87/.

ТИТАН ӨНДІРІСІНДЕГІ МАГНИЙ ЦЕХЫН ЖАҢҒЫРТУ

В.А. Васильев, К.М. Асанова

Алматы энергетика және байланыс университеті. Алматы қ., Қазақстан.

Андатпа. Титан өндірісімен байланысты жабық өндірістік циклді құру үшін тасымалдау құралдарын пайдаланып шикізатты бір дүкеннен екіншісіне ауыстыру қажет. Титанды бөліп алудан және магний өндірісінен алынған магний хлориді тасымалдау үшін оны шаңсорғыштар оны тасымалдау үшін пайдаланылады. Пайдалану процесінде олар қыртыстармен толып кетеді, олар жойылуы керек. Индукциялық жылытуды және экология талаптарына жауап беретін электродинамикалық әсерлерді қолданатын тазалау қондырғысын жобалау ұсынылды. Осындай қондырғыны электр желісіне қосу үшін қуат беру схемасы қарастырылып, электр жабдықтарын таңдау жүргізілді. Осындай қондырғының іске асырылуының әсері бағаланады.

Түйінді сөздер: титан, магний хлориді, палуба, қыртыс, индукциялық жылу, электродинамикалық әрекет, трансформатор, электрмен жабдықтау схемасы.

MODERNIZATION OF WORKSHOP OF MAGNESIUM IN TITANIUM PRODUCTION

V.A. Vasilyev, K.M Assanova

Almaty University of Power Engineering and Telecommynications, Almaty, Kazakhstan

Annotation: To create a closed production cycle associated with the production of titanium, it is necessary to move raw materials from one shop to another using transporting devices. For transportation of magnesium chloride, obtained during the separation of titanium and the production of magnesium from it, in the electrolyzers of the adjacent shop, buckets are used for its transportation. In the process of exploitation, they become overgrown with crusts, which must be removed. The design of a cleaning plant using induction heating and electrodynamic influences that meet the requirements of ecology is proposed. To connect such an installation to the electrical network, the power supply scheme is considered and a selection of electrical equipment has been made. The effect of the implementation of such an installation is estimated.

Key words: titanium, magnesium chloride, ladle, crust, induction heating, electrodynamic action, transformer, power supply scheme.

МРНТИ 621.372.8

Е.С. Риттер¹, В.П. Кисмирешкин², К.Т. Кошекков¹, Д.В. Риттер¹

¹Северо – Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева,
г.Петропавловск, Казахстан.

²Омский государственный технический университет, г.Омск, Россия.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ НАГРЕВ НА ОСНОВЕ ОДНОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ СВЧ ЭНЕРГИИ

Аннотация. В статье предложен промышленный нагрев на основе однопроводной линии передачи сверхвысокочастотной энергии. В соответствии с этим приводится схема разрабатываемой установки для сверхвысокочастотной сушки древесины. Подробно излагаются режимы минимального переизлучения и максимального поглощения энергии. Обсуждены преимущества предлагаемого способа: использование маломощных СВЧ генераторов без синхронизации по частоте и фазе колебаний, использование переизлучателей СВЧ энергии.

Уделено внимание на многоходовое устройство возбуждения линии поверхностной волны. Многоходовое устройство возбуждения позволяет достаточно просто осуществлять ступенчатую регулировку тепловой мощности в нагреваемом объекте. Такие преимущества позволяют реализовать установки с требуемым распределением энергии, минимальной металлоемкостью и низкой стоимостью. Применение поля поверхностной волны E_{00} для нагрева протяженных объектов, позволяет решить многие проблемы, в отличие от традиционных способов, то есть является весьма перспективным.

Ключевые слова: сверхвысокочастотный нагрев, волновод, распределение поля, переизлучатель, балластная нагрузка

Во многих отраслях производственной деятельности используют СВЧ-излучение. Среди задач применения СВЧ – излучения крайне важным является обеспечение объекта концентрацией СВЧ – излучения на его поверхности. Решение такой задачи является крайне актуальным для деревообрабатывающей промышленности, сельского хозяйства и других отраслей.

В деревообрабатывающей промышленности решение задачи качественной, быстрой и малозатратной сушки древесины остается актуальной, несмотря на достигнутые результаты. В последнее время усилился интерес к СВЧ – сушке древесины твердых пород. В содержании работы [1] для сушки древесины в установке предложено использовать комбинированный принцип действия, включающий конвективный и диэлектрический нагрев.

В работе [2] предложена СВЧ – вакуумная сушка, позволяющая высушивать оцилиндрованные бревна с начальной влажностью 80 % до конечной влажности 15 % с уменьшением энергозатрат. Сверхвысокое излучение, воздействуя на влажную древесину, приводит к закипанию влаги, которая создает избыточное давление. Такое давление приводит к выдавливанию из капилляров мелких капель влаги и образованию пара. Образовавшаяся влага выносится за пределы древесины диффузионным потоком. Горячий пар, выходящий из древесины, создает тепловую завесу, которая препятствует снижению температуры дерева.

В малогабаритной сушилке [3], позволяющей при значительной скорости сушки добиться высококачественного высушенного материала используют рабочую камеру, содержащую блок магнетронов и систему распределения энергии электромагнитного поля в диапазоне СВЧ по длине камеры.

Применяемые устройства для СВЧ – сушки древесины характеризуются трудностями концентрации мощности генераторов и распределения плотности энергии вдоль камеры, в которой происходит облучение объекта.

Предлагается для сверхвысокой сушки древесины установка, в основе которой лежит использование однопроводной линии передачи СВЧ излучения. В такой установке нагреваемый объект размещают в поле поверхностной волны E_{00} .

Применение для сверхвысокочастотной сушки волновода в виде однопроводной линии передачи по сравнению с традиционными способами имеет следующие преимущества:

- в достижении минимальных значений металлоемкости установки, излучаемой мощности и мощности, которую требуется утилизировать;
- обеспечение равномерного нагрева длинномерных объектов сушки;
- значительное снижение стоимости установки для сушки древесины.

Применение однопроводной линии передачи поверхностной волны E_{00} позволяет разработать новые устройства СВЧ – сушки. В нашем случае речь идет об установке СВЧ – излучения, в которой используется вибраторная решетка на основе волновода в виде одиночного провода, расположенная внутри рефлектора в виде зеркального параболического проводящего цилиндра. Такая вибраторная решетка позволит получить равномерное распределение СВЧ – энергии на площади (поверхности).

При возбуждении однопроводной линии передачи устанавливается соответствующая поверхностной волне структура волны электромагнитного поля типа E_{00} , содержащая радиальную и продольную составляющие электрического поля, и соответствующую составляющую магнитного поля [4, 5]. Вибраторы решетки выполнены в виде цилиндров, надетых на провод, и установлены на проводе вдоль продольной линии напряженности электрического поля, радиальная составляющая поля не наводит электрического тока, т.к. направление радиальной составляющей напряженности электрического поля перпендикулярно оси вибратора. На рисунке 1 показана схема расположения двух продольных вибраторов (фрагмент антенной решетки), которые надеты на провод однопроводной линии передачи и возбуждаются под действием напряженности электрического поля волны E_{00} , распространяющейся в однопроводной линии передачи.

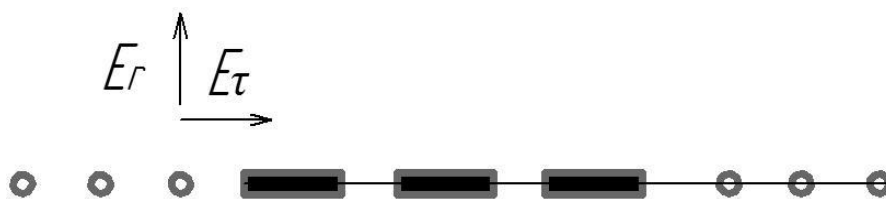


Рисунок 1 – Схема расположения вибраторов антенной решетки

Достижение равномерного распределения сверхвысокочастотной энергии для сушки объекта обеспечивается тем, что вибраторная решетка, содержащая однопроводную линию передачи поверхностной волны с размещенными соосно проводу вибраторами, расположена внутри зеркального параболического проводящего цилиндра на фокальной оси. В сечении, перпендикулярном фокальной оси расположена парабола с точкой фокуса, поэтому распределение поля, излученного антенной решеткой, в ортогональном оси решетки направлении близко к равномерному.

На рисунке. 2 изображена схема установки на основе поверхностной волны для сушки древесины.

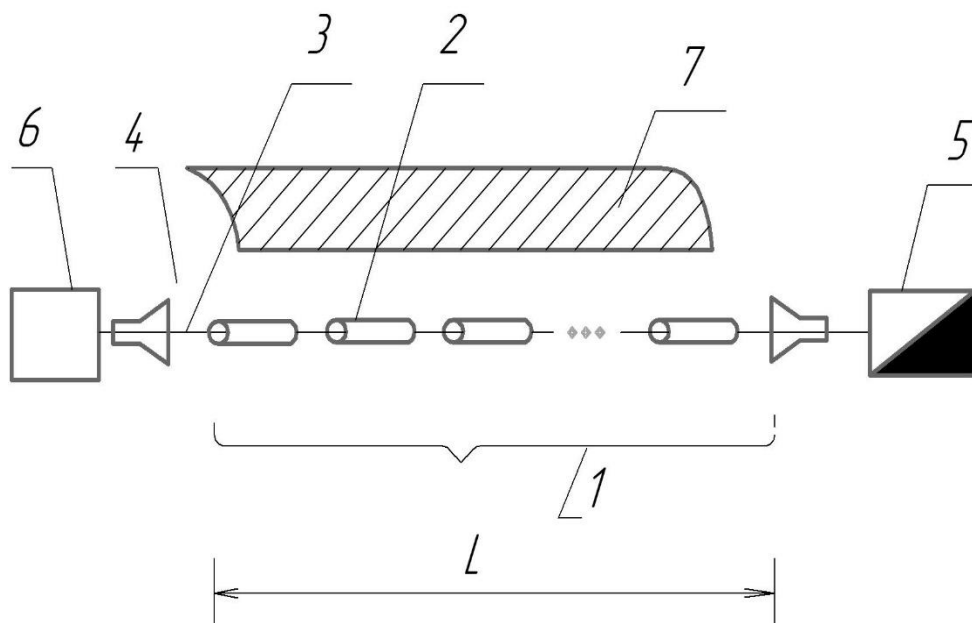


Рисунок 2 – Схема установки на основе поверхностной волны для сушки древесины

На рисунке. 3 схематично показан ход лучей, идущих от элемента антенной решетки.

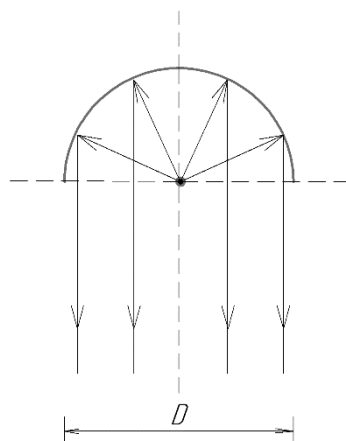


Рисунок 3 – ход лучей от элемента антенной решетки

Из рисунка 2 видно, что установка включает вибраторную решетку 1, состоящую из вибраторов 2, провод однопроводной линии передачи 3, устройства возбуждения поверхностной волны 4, согласованную нагрузку 5, генератора СВЧ-колебаний 6 и зеркальный параболический проводящий цилиндр 7 (рефлектор).

Устройство возбуждения поверхностной волны [4] является трансформатором волн со структурой Т – в волну Е – типа.

Коллинеарная антенная решетка 1 расположена внутри зеркального параболического проводящего цилиндра 7. Антенная решетка, входящая в установку, состоит из одинаковых вибраторов 2, представляющих собой объемные тела с проводящими цилиндрическими поверхностями, надетыми на диэлектрическую поверхность провода 3 однопроводной линии передачи [5]. Однопроводной линии передачи оканчивается согласованной нагрузкой 5. Генератор СВЧ – колебаний (6), расположенный вне

зеркального параболического проводящего цилиндра (на рисунке 3 не показан), соединен с узлом возбуждения поверхностной волны 4.

Установка для концентрации энергии на поверхности функционирует следующим образом.

Сигнал с генератора сверхвысокочастотных колебаний 6 с помощью устройства возбуждения 4 возбуждает в проводе 3 поверхностную волну E_{00} . В находящихся на проводе вибраторах 2 антенной решетки 1 под действием продольной составляющей напряженности электрического поля волны E_{00} наводится электрический ток, в результате чего происходит излучение сверхвысокочастотной энергии.

Излучение, порождаемое вибраторами 2, распространяясь внутри объема параболического цилиндра, выходит параллельным пучком лучей (рисунок. 3). Следовательно, энергия, приходящаяся на единицу площади раскрыва зеркального параболического цилиндра (плотность энергии), будет одинаковой.

Степень возбуждения вибраторов определяется коэффициентом связи « K_i » поверхностной волны из расчета достижения равномерного по длине L распределения энергии переизлучаемого поля Т – типа, осуществляемого под действием продольной составляющей напряженности электрического поля:

$$K_i = \frac{P_i}{P}, \quad (1)$$

где P – мощность энергии СВЧ, переносимая поверхностной волной;

P_i – мощность энергии СВЧ, образованная поверхностной волной в i – том вибраторе рассматриваемой коллинеарной антенной решетки под действием продольной составляющей напряженности электрического поля [6].

Излучение коллинеарной антенной решетки, распространяясь внутри зеркального параболического цилиндра, отражается от поверхности параболоида и равномерно концентрируется на площади раскрыва параболического цилиндра S . Вибраторы, возбуждаясь под действием продольной составляющей напряженности электрического поля поверхностной волны E_{00} , в дальнейшем сами переизлучают электромагнитную энергию Т-структуры. Вся переизлученная сверхвысокочастотная энергия вибраторной решетки сосредоточена на площади раскрыва параболического цилиндра S а оставшаяся (не переизлученная) сверхвысокочастотная энергия поступает на согласованную нагрузку 5.

Таким образом, вибраторная решетка, равномерно излучает сверхвысокочастотную энергию по всей длине L коллинеарной антенной решетки в ортогональной однопроводной линии передач плоскости, обеспечивая, концентрацию потока сверхвысокочастотного излучения на площади раскрыва зеркального параболического цилиндра S_p (рисунок 3).

$$S_p = D \cdot L, \quad (2)$$

где D – диаметр раскрыва зеркального параболического проводящего цилиндра (рефлектора), L – длина коллинеарной антенной решетки.

Объект для поверхностного нагрева размещают в установке в области концентрации потока сверхвысокочастотного излучения.

Преимуществами установки на основе вибраторной решетки, размещенной на однопроводной линии передачи в виде одиночного провода и обеспечивающей концентрацию энергии сверхвысокочастотного излучения на поверхности (площади) объекта, являются:

- во-первых, достигается равномерное распределение плотности сверхвысокочастотного излучения в раскрыте зеркального параболического проводящего цилиндра, которая обусловлена размещением на фокальной оси коллинеарной антенной решетки излучателей;
- во-вторых, частичная электрическая замкнутость объема зеркального параболического проводящего цилиндра обеспечивает частичное экранирование процессов в объектах, находящихся внутри зеркального параболического цилиндра;
- в-третьих, происходит увеличение концентрации сверхвысокочастотной энергии на заданной поверхности (площади) S_0 ;
- в-четвертых, минимальные металлоемкость и стоимость установки.

Предложенная конструкция установки может быть использована не только для сушки древесины в деревообрабатывающем производстве, но и в сельском хозяйстве, а также для сверхвысокочастотного нагрева объектов, используемых в различных отраслях промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] СВЧ плюс вакуум от сложного к простому. // Интернет ресурс – <http://www.svch-tecnologii.m/HTML/lesprom04-10>.
- [2] Технологии сушки древесины. // Интернет ресурс – <http://www.get-ground.ru/articles/l.php>.
- [3] Малогабаритная СВЧ сушилка для леса модель «МС-2» Интернет ресурс – <http://www.kodosagregat.m/zl2st4.htm>.
- [4] Кисмерешкин В. П., Лобова Г. Н. Патент 2118874 Российская федерация. МПК Н 01 О 21/00. Вибраторная решетка.
- [5] Кисмерешкин, В. П. Об использовании открытых линий передачи в антенной технике // Антенно-фидерные устройства, системы и средства радиосвязи. // Собрание трудов. 3-й Международная научно-техническая конференция. – Воронеж, 1997. – Том 2. – С. 290-300.
- [6] Кисмерешкин, В. П. Моделирование линейной антенной решетки на основе однопроводной линии передачи // Приборы и техника эксперимента. – 1996. – № 5. – С. 85-86.

REFERENCES

- [1] Microwave plus vacuum from complex to simple. // Internet resource – <http://www.svch-tecnologii.m/HTML/lesprom04-10>. (in russ).
- [2] Wood drying technology. // Internet resource – <http://www.get-ground.ru/articles/l.php>. (in russ).
- [3] Compact microwave dryer for wood model "MS-2" // Internet resource – <http://www.kodosagregat.m/zl2st4.htm>. (in russ).
- [4] Kismereshkin V.P., Lobova G.N. Patent 2118874 Russian Federation. IPC H 01 O 21/00. Vibrator grill. (in russ).
- [5] Kismereshkin, V.P. On the use of open transmission lines in antenna technology // Antenna-feeder devices, systems and radio communications. // Collected Works. 3rd International Scientific and Technical Conference. - Voronezh, 1997. - Volume 2. - P. 290-300. (in russ).
- [6] Kismereshkin, V.P. Modeling a linear antenna array based on a single-wire transmission line. // Instruments and experimental technique. - 1996. - № 5. - P. 85-86.

АСА ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ АЖЖ ЭНЕРГИЯНЫ ЖЕТКІЗУДІҢ БІР ЖЕТЕКТІ СЫЗЫҚТЫ НЕГІЗІНДЕ ӨНЕРКӘСІПТІК ҚЫЗДЫРУЫ

Е.С. Риттер¹, В.П. Кисмиreshкин², К.Т. Кошеков¹, Д.В. Риттер¹

¹М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Мемлекеттік университеті,
Петропавл қаласы, Қазақстан

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қаласы, Ресей

Аңдатпа. Мақалада аса жоғары жиілікті энергияны жеткізудің бір жетекті сызықты негізінде өнеркәсіптік жылу ұсынылған. Осыған сәйкес сүректі аса жоғары жиілікті кептіруге арналған әзірленіп жатқан қондырғының сызбасы келтіріледі. Энергияны ең көп сіңіру мен ең аз қайта сәуле шығарудың тәртіптемелері толығымен мазмұндалады. Ұсынылатын әдістің артықшылықтары талқыланды: жиілігі мен тербеліс фазасы бойынша синхрондаусыз қуаты төмен АЖЖ генераторларды қолдану, АЖЖ энергияның қайта сәуле шығарғыштарын қолдану.

Беттік толқынды сызықты қоздыру үшін көпбілікті қондырғыға назар аударылды. Қоздырудың көпбілікті қондырғысы қыздырылған нысанда жылу қуатын қадамдық реттеуді жеткілікті түрде жүзеге асырады. Осындай артықшылықтар талап етілетін энергияны тарату, ең аз металды қажетсіну мен төмен құны бар қондырғыларды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Кеңейтілген нысандарына арналған E_{00} беттік толқынның өрісін қолдану көп мәселелерді шешуде көмек көрсетеді, дәстүрлі тәсілдерге қарағанда, яғни өте перспективалы болып табылады.

Кілт сөздер: аса жоғары жиілікті кептіру, толқынжол, өріс үлестірімі, қайта сәуле шығарғыш, балласты жүктеме.

INDUSTRIAL HEATING ON THE BASIS OF A SINGLE-WIRE UHF ENERGY TRANSMISSION LINES

E.S. Ritter¹, V.P. Kismireshkin², K.T. Koshekov¹, D.V. Ritter¹

¹The North Kazakhstan state university after M. Kozybaev, Petropavlovsk, Kazakhstan
The Omsk state technical university, Omsk, Russia

Abstract. The article proposed industrial heating based on a single-wire transmission line of microwave energy. In accordance with this, the scheme of the plant being developed for microwave drying of wood is given. The modes of minimum reradiation and maximum energy absorption are described in detail. The advantages of the proposed method are discussed: the use of low-power microwave generators without synchronization in the frequency and phase of oscillations, the use of microwave energy re-emitters.

Attention is paid to the multi-input device for the excitation of a surface wave line. The multi-input excitation device makes it easy to carry out stepwise adjustment of the thermal power in the heated object. Such advantages make it possible to realize installations with the required distribution of energy, minimal metal consumption and low cost. The use of the surface wave field E_{00} for heating extended objects allows us to solve many problems, in contrast to traditional methods, that is, it is very promising.

Key words: microwave heating, waveguide, field distribution, re-radiator, ballast load

:

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

ГРНТИ 55.30.13

Б.С. Байкенов, К.С. Савин, А.Р. Фазылова

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

Аннотация. В статье рассматривается метод построения модели активного экзоскелета нижних конечностей. Экзоскелеты широко применяются в военной сфере и медицине для снятия физических нагрузок опорно-двигательного аппарата и восстановления локомоторных функций конечностей. Приведены основные понятия и свойства биомеханики человеческой ходьбы. Для определения характеристик движения основных элементов были использованы технологии захвата движения. С учетом постоянства характера движения людей была разработана компьютерную модель экзоскелета.

Ключевые слова: экзоскелет, механизм, движение, ускорение, скорость, датчик.

Одним из основных способов исследования характеристик движения шагающего объекта является метод захвата движения. Данная технология реализуется путем регистрации видеокамерами движения объекта, затем полученные данные пересылаются в компьютер, где они проходят дальнейшую обработку [2]. На сегодняшний день известны маркерная и безмаркерная технологии захвата движения.

В маркерной технологии захвата движений применяются оптические пассивные (светоотражающие) и активные (светодиоды), магнитные датчики, устанавливаемые на объекте движения и данные с которых обрабатываются с помощью сложных программных продуктов [3]. Исследование движения шагающего объекта осуществлялось с помощью прикрепленных маркеров на суставах, а для обработки видео и снятия экспериментальных данных применена программа, реализующая функцию автовидеотрекинга, то есть автоматического отслеживания точки на видео [4].

Маркеры были установлены на плече, тазовой области, коленных и голеностопных суставах. В программной среде “Tracker” проводился анализ видео (рисунки 1 и 2).

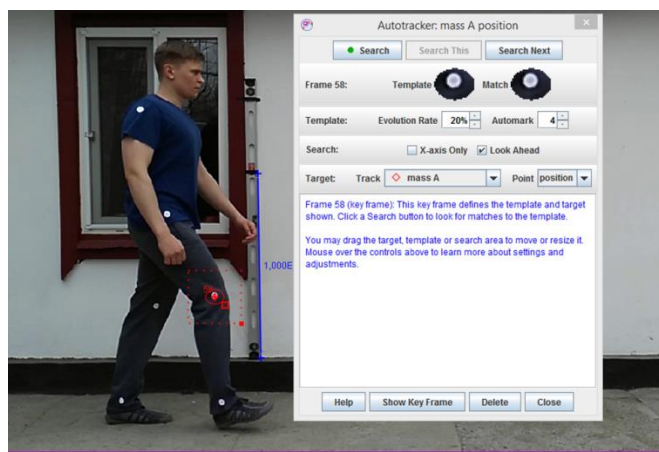


Рисунок 1 – Установка контроля за точкой на видео

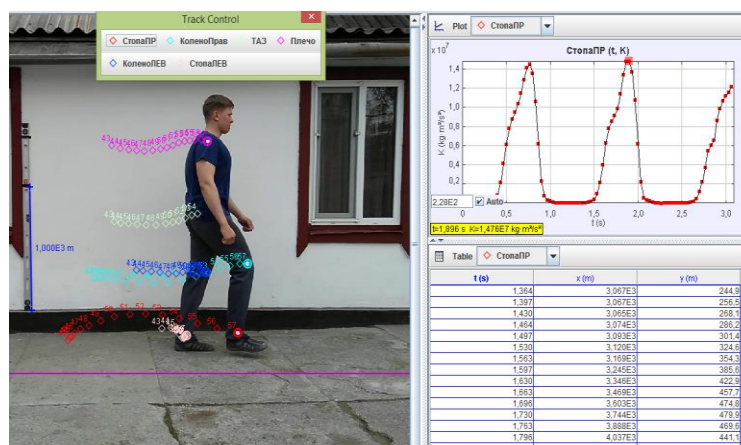
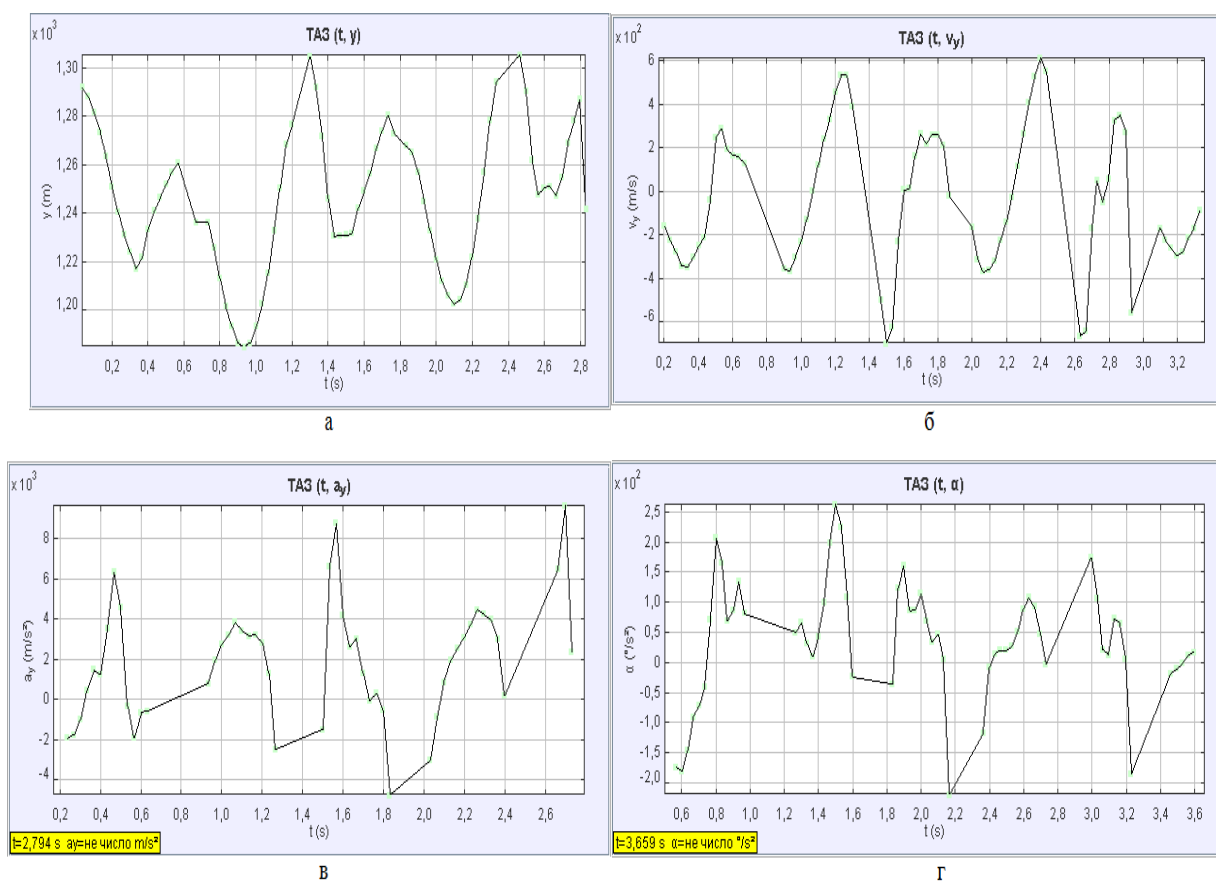


Рисунок 2 – Обработка данных с видео при помощи программы «Tracker»

В результате были получены данные о форме перемещения точки в плоскости, ее скорости и ускорения, значения момента исследуемой точки, углового ускорения, а также величине кинетической энергии, представленные на рисунках 3-5.



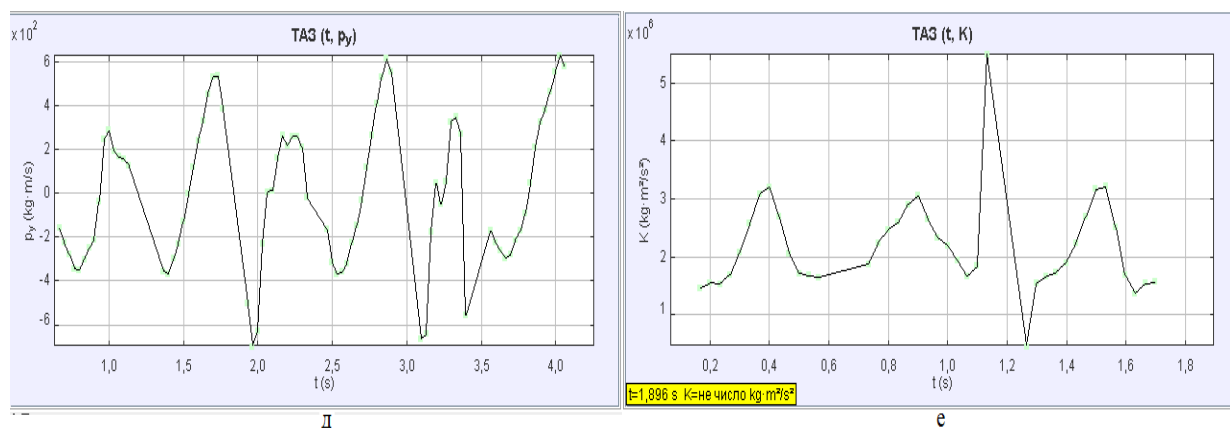
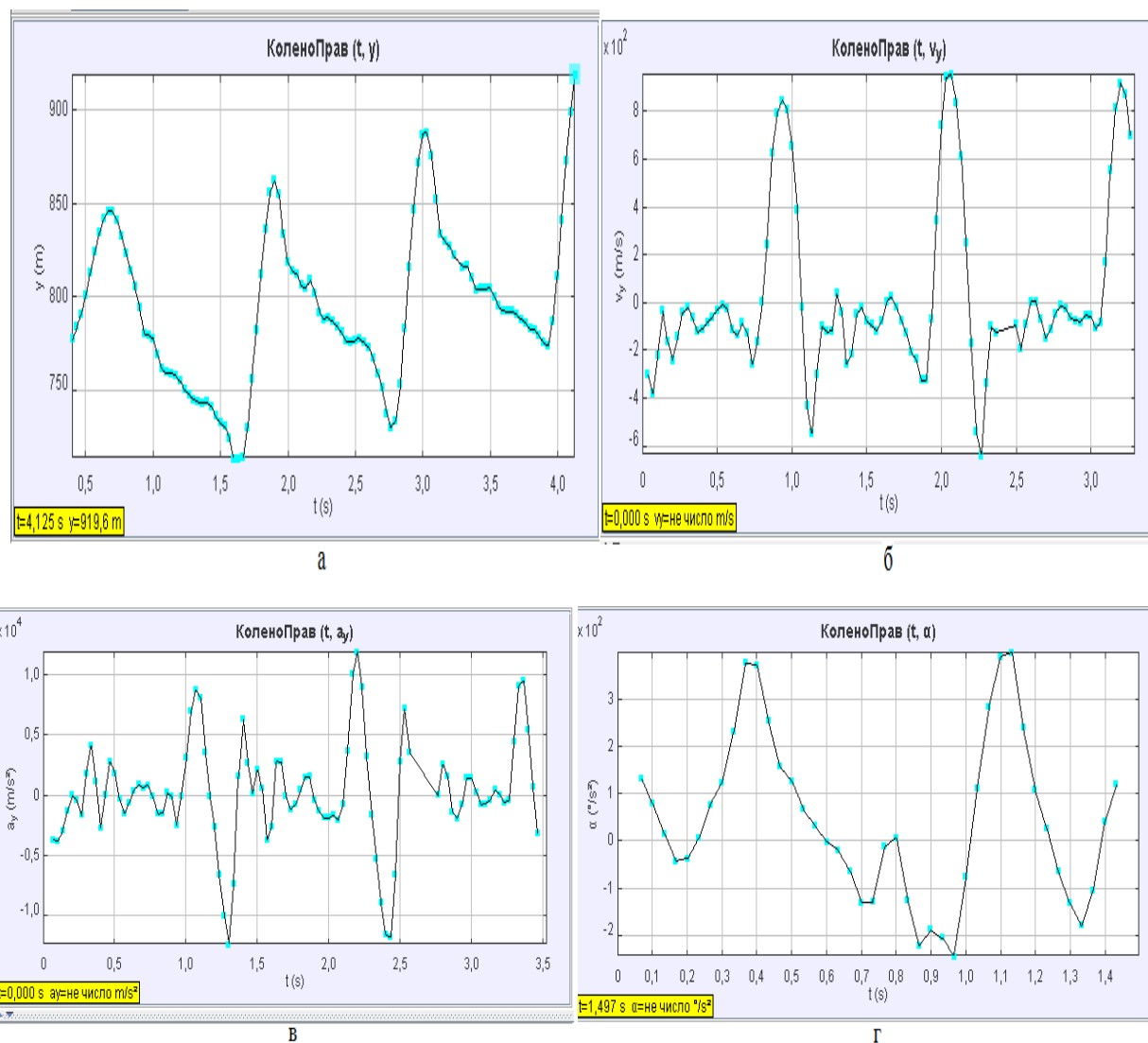


Рисунок 3 – Графики точки «Таз»: а - перемещения точки в сагиттальной плоскости, б – изменение скорости точки, в – изменение ускорения точки, г – изменение углового ускорения, д – изменение момента точки, е – изменение кинетической энергии.



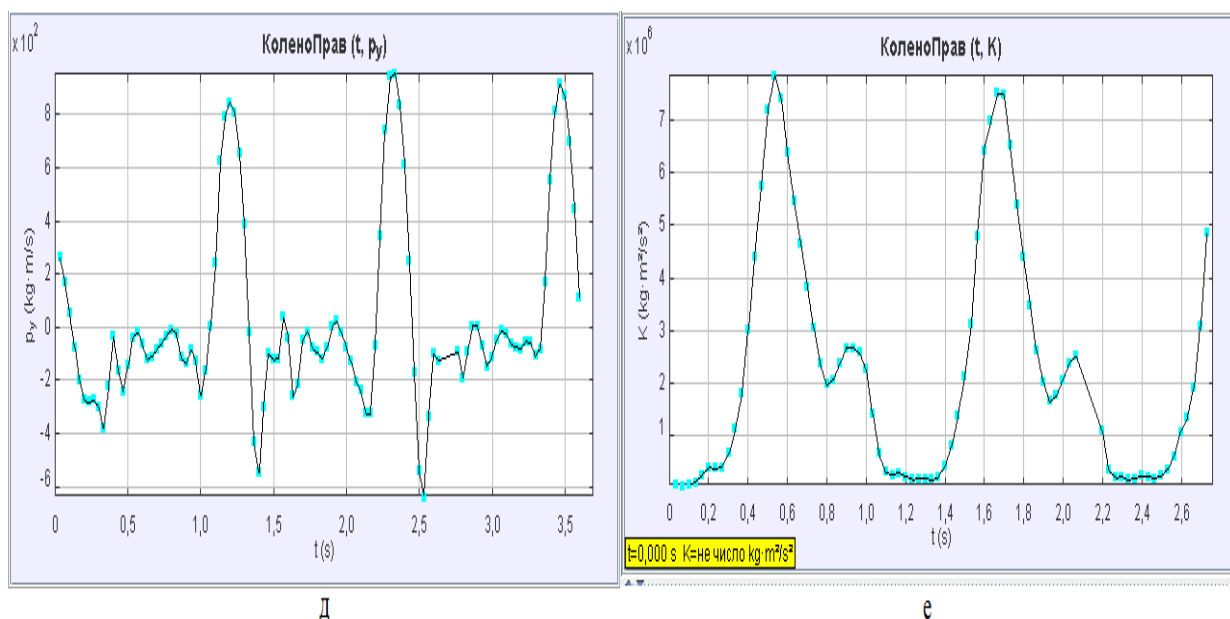


Рисунок 4 – Графики точки «Колено»: а - перемещения точки в сагиттальной плоскости, б – изменение скорости точки, в – изменение ускорения точки, г – изменение углового ускорения, д – изменение момента точки, е – изменение кинетической энергии.

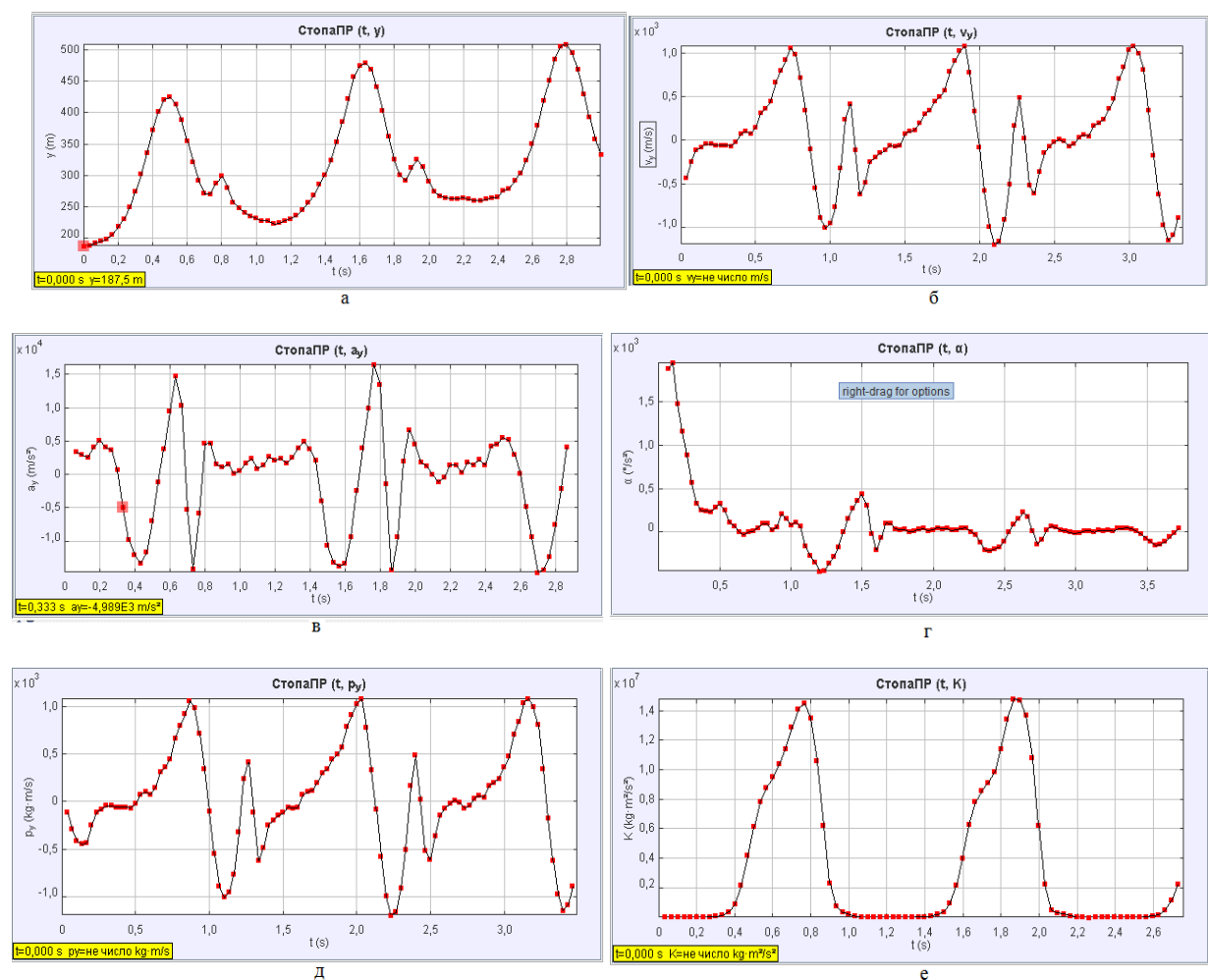


Рисунок 5 – Графики точки «Стопа»: а - перемещения точки в сагиттальной плоскости, б – изменение скорости точки, в – изменение ускорения точки, г – изменение углового ускорения, д – изменение момента точки, е – изменение кинетической энергии.

Данные по ходьбе могут несколько отличаться для разных людей и их состояний, но качественный характер данных остается таким же [5].

Эти данные полезны для дальнейшей работы в данной области, результаты могут использоваться при решении задач управления, параметрической оптимизации, оценок затрат энергии и т. д., а также в задачах диагностики.

Полученные данные можно использовать для создания активной модели экзоскелета, так как получены основные характеристики движения элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chow C. K., Jacobson D. H., Studies of Human Locomotion via Optimal Programming, Tech. Rep. № 617, Div. Eng a. Appl. Phys., Harvard Univ., Cambridge, Mass., 1970.
2. Белецкий В. В. Двухногая ходьба: модельные задачи динамики и управления. - М.: Наука, 1984. — 288 с.
3. Чигарев А. В., Борисов А. В. Моделирование управляемого движения двухногого антропоморфного механизма // Биомеханика. – 2010. - Т.15. - №1. - С. 74 — 88.
4. Коренев Г. В. Введение в механику человека. — М.: Наука, 1977. — 264 с.
5. Капанджи А. И. Нижняя конечность. Функциональная анатомия. – М.: Эксмо, 2010. - 313 с.

REFERENCES

1. Chow C. K., Jacobson D. H., Study of human locomotion using optimal programming, Tech. № 617, Div. Eng a. Appl. Phys., Harvard Univ., Cambridge, Mass., 1970.
2. Beletsky V.V. Two-legged walking: model problems of dynamics and management. - M.: Science, 1984. - 288 p.
3. Chigarev A.V., Borisov A.V. Modeling the motion of a two-legged anthropomorphic mechanism //Biomechanics. – 2010. - T.15. - №1. - P. 74 - 88.
4. Korenev G.V. Introduction to the Mechanics of Man. - M.: Science, 1977. - 264 p.
5. Kapandzhi A.I. The Lower Limb. Functional anatomy.-M.: Exmo, 2010. - 313 p.

ЭКЗОСКЕЛЕТ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Б.С. Байкенов, К.С. Савин, А.Р. Фазылова

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақалада дененің төменгі бөлігіне арналған белсенді экзоскелеттерін салудың негізгі мәселелерінің бірі қарастырылады. Мұндай механизмдер әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, мысалы, әскери салада, яғни физикалық жүктемелердің үлкен бөлігін жеңілдетуге, сол арқылы шайқас алаңында жауынгердің азырақ шаршауына мүмкіндік береді. Ал экзоскелетті басқа да жеке қорғану құралдарымен интеграциялағанда адамның өмір сүрі мүмкіндігін арттырады. Осы құрылғыларды қолданудың перспективалық бағыттарының бірі тірек-қимыл аппаратының проблемаларын біріктіретін түрлі жарақаттар мен аурулармен ауыратын науқастарға медициналық көмек болып табылады. Науқастар экзоскелетті мүгедектер арбасына балама қозғалыс әдісі түрінде қолданылуы мүмкін немесе оңалтуға, яғни шеткі қимылдардың локомоторлық функцияларын қалпына келтіруге көмектеседі.

Түйінді сөздер экзоскелет, механизм, қозғалыс, үдеу, жылдамдық, датчик.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF THE EXOSKELETON MOVEMENT

B.S. Baikenov, K.S. Savin, A.R. Fazylova

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Annotation. This article deals with one of the main issues of constructing active exoskeletons of lower extremities. Such mechanisms have quite a wide application in various fields, such as the military sphere, where the exoskeleton allows you to remove most of the physical loads, thereby contributing to less tiredness of the person on the battlefield, and when integrating the exoskeleton and various personal protective equipment increases the chances of survival. Another of the promising areas of application of these devices is medicine, to help patients with various injuries and ailments that unites the problems of the musculoskeletal system. Patients, exoskeletons can be used in the form of an alternative method of movement in return for wheelchairs or for rehabilitation, i.e. Restoration of locomotor functions of extremities.

Key words: exoskeleton, mechanism, motion, acceleration, speed, sensor.

МРНТИ 73.01.77, 73.31.81, 73.01.17

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.

ДТОО «Институт космической техники и технологий», г.Алматы, Казахстан

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация: В статье описывается методическое обеспечение системы имитационного моделирования процессов функционирования интеллектуальной транспортной системы. Приведены структурная схема и основные компоненты информационно-аналитического обеспечения принятия решений при управлении транспортными потоками. Определена модульная структура среды имитационного моделирования, которая состоит из следующих основных компонентов: программная система, база знаний, база данных, управляющий модуль, а также структурная схема подсистемы вычислительного эксперимента программной системы.

Ключевые слова: автоматизированная система управления дорожным движением, АСУДД, интеллектуальная транспортная система, ИТС, международный транспортный транзитный коридор, МТТК.

Создание, внедрение и развитие интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в течение последних десятилетий стало одной из важнейших тенденций развития автомобильного транспорта во всем мире. Назначение ИТС состоит в решении следующих ключевых транспортных проблем:

- повышение эффективности управления транспортными потоками, в первую очередь, путем сокращения заторов на дорогах;
- повышение безопасности дорожного движения, в первую очередь, снижение количества погибших и пострадавших в ДТП;
- снижение пагубного воздействия автомобильного транспорта на экологию (снижение вредных выбросов в атмосферу);
- повышение мобильности, удобства и комфорта пользования автомобильным транспортом, как водителям, так и пассажирам.

Решение задачи управления транспортными потоками основано на применении новых методов проектирования и управления процессами на основе современных информационных технологий, методов имитационного моделирования (ИМ), прогнозирования и экспертиз. Необходимость совершенствования методов управления транспортными потоками вызвана обострением транспортных проблем в крупных городах и на скоростных магистралях, ростом социально-экономических потерь и ухудшением экологии при неоптимальных управленческих решениях [1]. Анализ и реализация методов управления движением транспорта осуществляется на основе информационно-аналитической модели (Рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Схема информационно-аналитического обеспечения принятия решений при управлении транспортными потоками

На схеме информационно-аналитического обеспечения показана методическая база математического моделирования, требуемая в процессе формирования управленческих решений. Структурная схема содержит следующие основные компоненты:

- оценка динамических параметров транспортной среды (характеристик транспортных потоков) по результатам мониторинга;
- оценка компонентов прикладных имитационных моделей;
- математическое моделирование (расчет параметров имитационной модели) в текущей ситуации и прогноз поведения модели при изменении характеристик транспортных потоков;
- выработка практических рекомендаций, анализ альтернатив и принятие управленческих решений.

Транспортные задачи представляют существенную проблему с точки зрения практического применения имеющихся инструментов моделирования.

Очевидна потребность в развитии формализованных методов анализа и прогноза характеристик динамических систем [3 - 6] и транспортного потока в частности, технологий организации и проведения вычислительного эксперимента [5 - 7]. Исследования по моделированию транспортных потоков [8 – 9] отражают потребность в разработке новых вычислительных и информационных технологий, адекватных уровню задач.

Задача имитационного моделирования связана с моделированием транспортных потоков с учетом взаимодействия участников движения между собой и системами

регулирования движением транспорта на магистралях. Исследование параметров транспортных потоков (при различных режимах управления) методом имитационного моделирования позволяет отрабатывать рациональные схемы управления без дорогостоящих и длительных натурных экспериментов. В качестве полигона для моделирования будет использована сетевая компьютерная лаборатория (СКЛ), построенная на основе НРС кластера (High-performance computing cluster).

Эффективное и результативное применение средств моделирования транспортных потоков возможно с применением НРС кластера, построенного на многопроцессорных промышленных серверах и суперкомпьютерах, с распараллеливанием процессов вычислений.

Модульная организация среды имитационного моделирования (Рисунок 2) позволяет обеспечить качественно новые возможности для расчетов динамических моделей транспортных потоков и принятия управленческих решений с использованием современных информационных технологий [2].

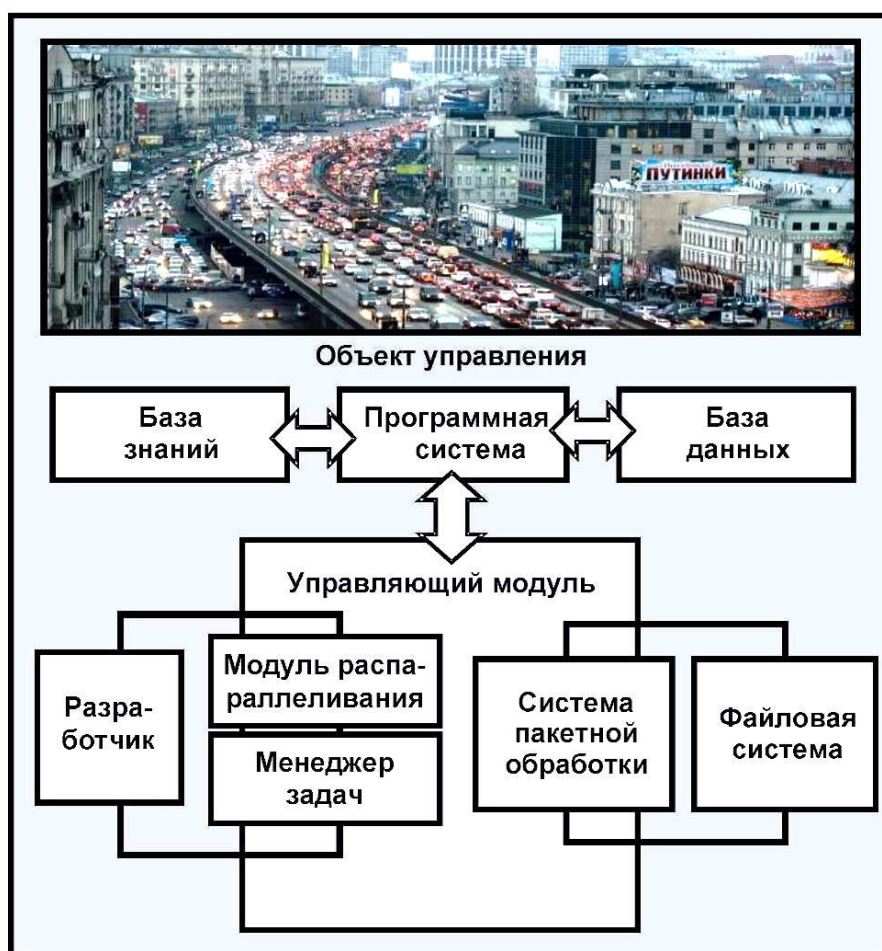


Рисунок 2 – Модульная структура среды имитационного моделирования

Программная система среды имитационного моделирования включает следующие основные элементы:

- графический интерфейс доступа разработчика к ресурсам управляющей компоненты, содержащей графические предметно-ориентированные средства для выбора задачи, подготовки данных и анализа результатов вычислительного эксперимента;
- управляющий модуль, включающий менеджер задач для обеспечения доступа к информационному обеспечению системы;

- базу знаний, обеспечивающую поддержку функционирования системы и возможностей ее расширения за счет включения новых задач и алгоритмов обработки информации;
- базу данных типовых задач, обеспечивающую хранение и доступ к описанию типовых задач и результатов их решений.

Управляющий модуль является ядром программной системы и предназначен для выполнения последовательности операций при анализе и интерпретации результатов моделирования. С помощью этого модуля осуществляется работа со средствами моделирования и визуализации на основе предметно-ориентированного графического интерфейса. Выполняя основную функцию управления процессом функционирования программного комплекса, управляющий модуль открывает возможность доступа к информационному и программному обеспечению системы, что реализуется с помощью менеджера задач, который обеспечивает централизованное управление задачами информационной среды моделирования. На основе объектно-ориентированного подхода менеджер задач регистрирует выполняемые задачи в базе данных задач, обеспечивает управление рабочими директориями задач в файловой системе, осуществляет контроль их жизненного цикла, организует взаимодействие с системой распараллеливания задач.

Основой программной системы среды имитационного моделирования является набор программных средств подсистемы вычислительного эксперимента, которая также строится по модульному принципу.

Подсистема вычислительного эксперимента содержит четыре основных модуля и пользовательский графический интерфейс (Рисунок 3). Для выбора типовой задачи и модели управления процессом, подготовки расчетного задания и запуска расчета, обработки и визуализации результатов расчета (вычислительного эксперимента) используются соответствующие функциональные модули:

- 1-й модуль выбора типовой задачи и ее параметров;
- 2-й модуль выбора/подготовки дискретной модели процесса и ее настроек;
- 3-й модуль подготовки расчетного задания и запуска расчета;
- 4-й модуль обработки, визуализации и анализа результатов расчета.



Рисунок 3 – Структурная схема подсистемы вычислительного эксперимента

1-й модуль выбора задачи предоставляет пользователю возможность выбрать для решения типовую задачу. Пользователь, обладающий правами администратора, имеет дополнительные возможности изменения параметров задачи и возможность модификации списков задач.

2-й модуль выбора дискретной модели позволяет (в зависимости от привилегий пользователя) выбрать дискретную модель процесса и настроить ее параметры. Администратору предоставляется интерфейс для создания новых и модификации существующих дискретных моделей. В случае создания новых вычислительных моделей, в системе происходят довольно существенные изменения, затрагивающие критическую ее часть – расчетное ядро. Поэтому такая возможность предоставляется только администраторам системы.

3-й модуль подготовки расчетного задания дает возможность пользователю с правами администратора настроить параметры расчета, контролируемые в процессе счета опорные величины и ограничения, критерии завершения расчета.

4-й модуль обработки, визуализации и анализа результатов расчета предоставляет пользователю интерфейс для контроля текущего расчетного задания, последующего анализа и визуализации полученных результатов расчета.

Типичный сеанс работы пользователя с системой состоит из следующих шагов: пользователь, последовательно уточняя критерии задачи, находит и выбирает искомую задачу (из каталога типовых задач). Система формирует список доступных для модификации параметров задачи и конкретных моделей, доступных для решения выбранной пользователем задачи. Также со стороны системы происходит наполнение второго интерфейсного модуля. В нем пользователь выбирает искомую модель и уточняет ее параметры. Далее, используя интерфейс модуля настройки и контроля расчета, пользователь устанавливает параметры расчета и запускает задачу на счет. Система запускает задание на счет, при этом промежуточные данные могут динамически отображаться в четвертом интерфейсном модуле, в котором по окончании счета пользователь имеет возможность проанализировать полученные результаты и, при необходимости, экспортировать их в удобном формате.

Базы данных (БД) подсистемы вычислительного эксперимента необходимы для информационного обеспечения процесса подготовки вычислений. Их актуальность будет постоянно расти, так как в связи с ростом объема получаемых данных возникнет проблема управления структурой данных, их целостностью и доступностью. Объемы расчетных данных исчисляются гигабайтами и ручной поиск необходимого элемента зачастую представляет трудновыполнимую задачу (даже для владельца данных).

Потоки данных при взаимодействии пользователя с подсистемой вычислительного эксперимента и функциональном взаимодействии элементов СКЛ между собой представлены на схеме рисунка 4. [2]

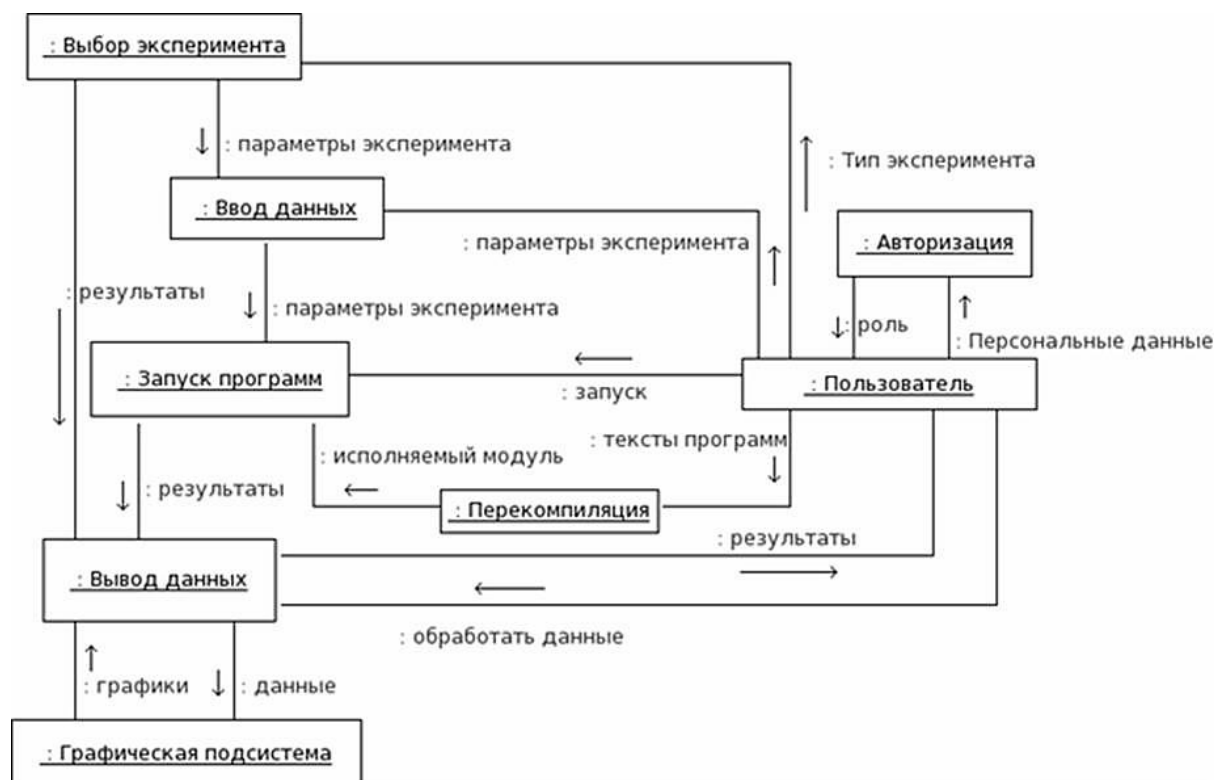


Рисунок 4 – Схема потоков данных в подсистеме вычислительного эксперимента

На основании приведенного обзора имитационных моделей расчета и управления транспортными потоками можно сделать следующие выводы:

1) для скоростных автомагистралей с умеренной плотностью транспортных потоков, оценочно не более 35-40% максимальной пропускной способности магистрали, достаточно применить клеточную имитационную модель Нагеля-Шрекенберга (с дискретизацией по ячейкам), что позволит реализовать скоростное моделирование транспортных потоков в режиме реального времени, с меньшими затратами на вычислительный кластер;

2) для городской сети дорог с перекрестками и плотным трафиком (до 100% пропускной способности), в целях эффективной борьбы с заторами следует применять имитационную модель IDM Трайбера (с дискретизацией по времени), которая обеспечивает детальный, реалистичный расчет параметров движения и управления транспортными потоками, но требует больших вычислительных мощностей и затрат на вычислительный кластер (с максимальным распараллеливанием задач).

3) при повышенных требованиях к точности моделирования и прогнозирования транспортных потоков, и управления дорожным движением в городах и на скоростных магистралях – следует применять имитационную модель IDM Трайбера, при этом обеспечить достаточные мощности и высокое быстродействие вычислительного кластера.

4) для управления движением на МТТК в составе ИТС-Транзит может быть применена любая из двух имитационных моделей. Критерием выбора должна быть оценка максимальной плотности транспортных потоков (с учетом на перспективу): при плотности потоков до 35-40% пропускной способности магистрали – достаточно применить клеточную имитационную модель Нагеля-Шрекенберга, при большей плотности – выбрать модель IDM Трайбера.

Работа выполнена в рамках проекта BR05236762 «Создание аппаратно-программного комплекса управления международными транспортными транзитными коридорами, проходящими по территориям государств-участников СНГ, на основе

современных информационных и коммуникационных технологий» программно-целевого финансирования КН МОН РК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А. и др. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. – М.: МЦНМО, 2013. - 427 с.
- 2 Бабичева Т.С., Бабичев С.Л., Осипов В.П. Архитектура и методическое обеспечение модуля имитационного моделирования транспортных процессов в сетевой компьютерной лаборатории // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2015. № 85. – 28 с. – URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-85> (дата обращения 23.05.2018).
- 3 Городецкий В.И. Многоагентные системы: современное состояние исследований и перспективы применения // Новости искусственного интеллекта. 1996. №1, - с. 44-59.
- 4 Нечаев Ю.И., Осипов В.П. Концептуальный базис создания интегрированного вычислительного комплекса поддержки принятия решений // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. № 2, 2011, - с. 4- 18.
- 5 Нейрокомпьютеры в интеллектуальных технологиях XXI века. Монография / Под общей редакцией Ю.И. Нечаева – М.: Радиотехника, 2012. - 352 с.
- 6 Васильев А.Н., Осипов В.П. Концепция и принципы рациональной схемы прикладного моделирования // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. № 2, 2011, - с. 29-37.
- 7 Хартман К., Лецкий Э., Шеффер В и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977.
- 8 Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков// Автоматика и телемеханика. 2003. №11, - с. 3–46.
- 9 Моделирование многополосного движения автотранспорта на основе теории клеточных автоматов. / М.А. Трапезникова, И.Р. Фурманов, Н.Г. Чурбанова, Р. Липп // Математическое моделирование. - 2011. - Т. 23, № 6. - с. 133–146.

REFERENCES

- 1 Gasnikov A.V., Klenov S.L., Nurminskij E.A. i dr. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnyh potokov. – M.: MCNMO, 2013. - 427 s.
- 2 Babicheva T.S., Babichev S.L., Osipov V.P. Arhitektura i metodicheskoe obespechenie modulya imitacionnogo modelirovaniya transportnyh processov v setевой komp'yuternoj laboratorii // Preprinty IPM im. M.V. Keldysha. 2015. № 85. – 28 s. – URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2015-85> (data obrashcheniya 23.05.2018).
- 3 Gorodeckij V.I. Mnogoagentnye sistemy: sovremennoe sostoyanie issledovaniy i perspektivy primeneniya // Novosti iskusstvennogo intellekta. 1996. №1, - s. 44-59.
- 4 Nechaev YU.I., Osipov V.P. Konceptualnyj bazis sozdaniya integrirovannogo vychislitel'nogo kompleksa podderzhki prinyatiya reshenij // Nejrokomp'yutery: razrabotka, primeneniye. № 2, 2011, - s. 4- 18.
- 5 Nejrokompyutery v intellektualnyh tekhnologiyah XXI veka. Monografiya / Pod obshchej redakciej YU.I. Nechaeva – M.: Radiotekhnika, 2012. - 352 s
- 6 Vasil'ev A.N., Osipov V.P. Konceptciya i principy racionalnoj skhemy prikladnogo modelirovaniya // Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye. № 2, 2011, - s. 29-37.
- 7 Hartman K., Leckij E.H., SHEffer V i dr. Planirovanie ehksperimenta v issledovanii tekhnologicheskikh processov. – M.: Mir, 197

8 Shvecov V.I. Matematicheskoe modelirovanie transportnyh potokov// Avtomatika i telemekhanika. 2003. №11, - s. 3

9 Modelirovanie mnogopolosnogo dvizheniya avtotransporta na osnove teorii kletochnyh avtomatov. / M.A. Trapeznikova, I.R. Furmanov, N.G. Churbanova, R. Lipp // Matematicheskoe modelirovanie. - 2011. - Т. 23, № 6. - s. 133–146.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ ТРАНСПОРТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ҚЫЗМЕТІНІҢ ҮДЕРІСТЕРІН ИМИТАЦИЯЛЫҚ ҮЛГІЛЕУ ЖҮЙЕНІҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ЖАСАҚТАМАСЫ

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.

«Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада интеллектуалды көлік жүйесінің қызметінің процестері үшін имитациялық жүйенің әдістемелік қамтамасыз етуі сипатталған. Көлік ағындарын басқарудағы шешімдер қабылдау үшін ақпараттық-аналитикалық қолдаудың құрылымдық схемасы мен негізгі компоненттері келтірілген. Бағдарламалық қамтамасыздандыру жүйесі, білім базасы, деректер базасы, басқару модулі сияқты негізгі компоненттерден тұратын симуляциялық орта модульдік құрылымы, сонымен қатар бағдарламалық жасақтаманың есептеу экспериментінің кіші жүйесіндегі блоктық схемасы анықталды.

Кілттік сөздер: жол қозғалысын автоматтандырылған басқару жүйесі, ЖҚАБЖ, интеллектуалды көлік жүйелері, ИКЖ, халықаралық көліктік транзиттік дәліздер, ХКТД

METHODOICAL SUPPORT OF THE SIMULATION SYSTEM FOR THE FUNCTIONING OF INTELLECTUAL TRANSPORT SYSTEM

D.Akhmedov, D.Yeryomin, D.Zhaxygulova, S.Trepashko

AALR «Institute of Space Technique and Technology», Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article describes the methodological support of the simulation system for the processes of the functioning of an intelligent transport system. The structural scheme and the main components of information and analytical support for decision-making in the management of transport flows are given. The modular structure of the simulation environment is determined, which consists of the following main components: the software system, the knowledge base, the database, the control module, and the block diagram of the subsystem of the computing experiment of the software system.

Keywords: road traffic automated control system, RTACS, intelligent transport system, ITS, international transport transit corridor, ITTC

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ГРНТИ 47.05.17

Г.В. Савостина, Д.В. Риттер, С.И. Латыпов

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ основных методов цифровой обработки сигналов для подавления высокочастотных помех, возникающих в процессе регистрации электрокардиограмм. Из-за спектрального состава таких помех форма полезного сигнала сильно искажается. В связи с этим в статье проводится сравнительная оценка эффективности основных существующих методов низкочастотной фильтрации электрокардиограмм. Для этого анализируются данные по качеству фильтрации рекурсивных и нерекурсивных цифровых фильтров (фильтр Баттерворта, экспоненциальный фильтр, фильтр скользящего среднего), алгоритма фильтрации путем обнуления составляющих спектра Фурье и вейвлетной фильтрации при восстановлении сигнала с перемасштабированными детализирующими коэффициентами, полученные в результате проведенных экспериментов для смоделированных электрокардиограмм и реальных записей. По результатам анализа сделаны выводы и рекомендации по применению рассмотренных методов.

Ключевые слова: электрокардиограмма, высокочастотная помеха, цифровая фильтрация, среднеквадратическая ошибка.

В процессе записи электрокардиограммы (ЭКГ), среди прочих, возникают высокочастотные помехи (ВЧ), основными видами которых являются: электрофизиологические шумы, собственные шумы электронных приборов, а также сетевая наводка [1]. Данные помехи могут проявляться как по отдельности, так и в комплексе, сильно искажая сигнал ЭКГ, вплоть до полной потери его информативности. Однако благодаря современному уровню развития электронных средств и выбору правильных схемотехнических решений последние два источника помех оказываются незначительными по сравнению с электрофизиологическими шумами.

В свою очередь, электрофизиологические шумы – это ВЧ-помехи в ЭКГ, вызванные наводкой от сопутствующего электромиографического сигнала, который связан с мышечным тремором или иной активностью групп мышц тела человека в местах наложения электродов. Так как в силу указанных причин избавиться от электрофизиологических шумов полностью не удастся, то организуются специальные меры по их удалению из полезного сигнала ЭКГ.

В современных компьютеризированных ЭКГ-комплексах регистрируемый ЭКГ-сигнал после дискретизации рассматривается в следующем виде:

$$y(kT) = s(kT) + \sum_{i=1}^l \varepsilon_i(kT), \quad (1)$$

где $s(kT)$ – незашумленный сигнал ЭКГ, $\varepsilon_l(kT)$ – аддитивная помеха, l – число аддитивных компонент, k – номера отсчетов сигнала, T – период дискретизации.

Для дистанционных диагностических исследований [2] необходимо использовать проверенные инструменты подавления помех, в условиях, когда непосредственный доступ к регистрации ЭКГ становится затруднительным. В соответствии с этим в данной работе решается актуальная задача по определению оптимальных алгоритмов устранения ВЧ-помехи из сигнала ЭКГ.

Тестирование эффективности алгоритмов осуществляется на модели ЭКГ [3] с аддитивной ВЧ-помехой и реальной записи ЭКГ, в которую искусственно введена аналогичная помеха. Обладая информацией об исходном незашумленном сигнале можно сравнить качество работы исследуемых методов.

ВЧ-помеха, представленная электрофизиологическим шумом моделируется в форме ограниченного по полосе частот аддитивного белого гауссова шума (АГБШ) с нулевым средним $\mu = 0$ и единичной дисперсией $\sigma^2 = 1$, так как в соответствии с центральной предельной теоремой, совокупность сокращения групп мышц, состоящих из очень большого числа мышечных волокон, будет стремиться к гауссовому распределению [1]:

$$\varepsilon(kT) = \left(\left(10^{\frac{10 \lg P_S - SNR}{10}} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \mathcal{N}(\mu = 0, \sigma^2 = 1) \right) \cdot H_{LP}(z), \quad (2)$$

где SNR – соотношение сигнал-шум; P_S – мощность ЭКГ-сигнала; $H_{LP}(z)$ – передаточная функция ограничивающего фильтра нижних частот.

Для оценки качества работы алгоритмов фильтрации вычисляются значения среднеквадратической ошибки:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M (\hat{s}_k - s_k)^2}, \quad (3)$$

где s_k – составляющие вектора значений исходного сигнала ЭКГ $s(kT)$ до добавления моделируемой помехи (2); $\hat{s}_k$ – составляющие вектора наблюдаемых значений в результате фильтрации.

Относительная ошибка определяется как

$$RRSE = \frac{RMSE}{\sigma_s} \cdot 100, \quad (4)$$

где σ_s – стандартное отклонение исходного сигнала $s(kT)$ (1).

Согласно [4] верхняя частота информативных компонент ЭКГ сигнала для взрослых людей равна $f_c = 150$ Гц. Поэтому, при выборе средств низкочастотной (НЧ) фильтрации необходимо обеспечить частоту среза фильтров, равную рекомендуемому значению f_c . С учётом требования автоматизации процесса фильтрации были выбраны следующие алгоритмы обработки ЭКГ.

1. Фильтр нижних частот Баттерворта шестого порядка с нулевым фазовым сдвигом, частотой среза $f_c = 150$ Гц по уровню – 3 дБ. Порядок фильтра выбран как оптимальное соотношение между сложностью расчета и качеством фильтрации.

2. Экспоненциальный фильтр с нулевым фазовым сдвигом:

$$H_1(z) = \frac{\alpha}{1 - (1 - \alpha)z^{-1}}, \quad (5)$$

где α – постоянный весовой коэффициент, обеспечивающий $f_c = 150$ Гц.

3. Фильтр скользящего среднего с размером окна $w = \text{round}(0,003f_s)$, для принятой частоты среза f_c и частоты дискретизации f_s :

$$H_2(z) = \frac{1}{w} \cdot \frac{1 - z^{-w}}{1 - z^{-1}}. \quad (6)$$

4. Подавление шума путем обнуления ВЧ-составляющих в спектре ЭКГ, полученного в результате дискретного преобразования Фурье (ДПФ), и восстановления модифицированного сигнала ЭКГ при помощи обратного ДПФ.

5. Подавление шума путем восстановления сигнала ЭКГ с перемасштабированными детализирующими коэффициентами высокочастотных уровней по заданной пороговой процедуре для быстрого дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) [5].

В таблице 1 представлены результаты проведенного анализа способов фильтрации ВЧ-помехи в сигнале ЭКГ, приводятся средние значения величин, рассчитанные по результатам 30 моделирований. Процесс моделирования, расчет фильтров и результатов проводился в программе MATLAB 7 32bit, CPU Intel Core i3 2,96 ГГц, ОЗУ 2 Гбайт, NVIDIA GeForce GT220.

Таблица 1 – Результаты измерения качества работы алгоритмов цифровой фильтрации ВЧ-помехи

№	Метод фильтрации	$f_s = 500$ Гц	$f_s = 1000$ Гц
---	------------------	----------------	-----------------

		SNR = 10 дБ		SNR = 15 дБ		SNR = 10 дБ		SNR = 15 дБ	
		RMSE	RRSE, %	RMSE	RRSE, %	RMSE	RRSE, %	RMSE	RRSE, %
Модель ЭКГ									
1	Фильтр Баттерворта	51.0504	30.45	28.7081	17.12	36.2187	21.39	20.3637	12.03
2	Экспоненциальный фильтр (5)	35.1341	20.95	21.0367	12.55	33.0576	19.52	18.5191	10.94
3	Фильтр скользящего среднего (6)	49.0467	29.25	29.3163	17.48	41.5576	24.54	25.7424	15.20
4	Алгоритм ДПФ	52.0202	31.03	29.2536	17.45	37.5774	22.19	21.1327	12.48
5	Вейвлентная фильтрация	34.7628	20.73	19.8130	11.82	24.2731	14.33	13.9415	8.23
Реальная запись ЭКГ									
1	Фильтр Баттерворта	53.9564	31.68	30.3986	17.85	38.4021	22.32	21.7496	12.64
2	Экспоненциальный фильтр (5)	47.3432	27.80	26.7821	15.73	35.4971	20.63	20.2207	11.75
3	Фильтр скользящего среднего (6)	51.7590	30.39	30.8037	18.09	42.9614	24.97	26.2489	15.26
4	Алгоритм ДПФ	54.9814	32.28	30.9870	18.20	39.8383	23.15	22.5825	13.12
5	Вейвлентная фильтрация	37.5616	22.06	21.8337	12.82	26.8879	15.63	16.1344	9.38

В таблице 1 у экспоненциального фильтра при $f_s = 1000$ Гц постоянный коэффициент $\alpha = 0,585$, а для $f_s = 500$ Гц – $\alpha = 0,768$. В качестве вейвлетной функции используется вейвлет Добеши db5 из MATLAB Wavelet Toolbox. Число уровней декомпозиции ЭКГ определяется исходя из центральной частоты вейвлета db5 и $f_c = 150$ Гц. При этом для шумоподавления используется метод с «мягким» (soft) выбором порога. Исходя из проведенного анализа, оптимальным вариантом для вычисления перемасштабированных коэффициентов будет адаптивный порог на основе алгоритма несмещенной оценки риска Штейна (SURE) [5].

На рисунке 1 показан результат вейвлетной фильтрации с выбранными параметрами реальной записи ЭКГ с искусственно введенной ВЧ-помехой ($f_s = 1000$ Гц, $SNR = 10$ дБ).

В соответствии с данными таблицы 1 вейвлетный метод фильтрации ЭКГ показывает лучшие результаты, среди рассматриваемых. Вместе с этим необходимо понимать, что результаты работы вейвлетной фильтрации ВЧ-помехи сильно зависят от типа вейвлетной функции, выбранного уровня разложения, алгоритма вычисления порога и самой пороговой процедуры.

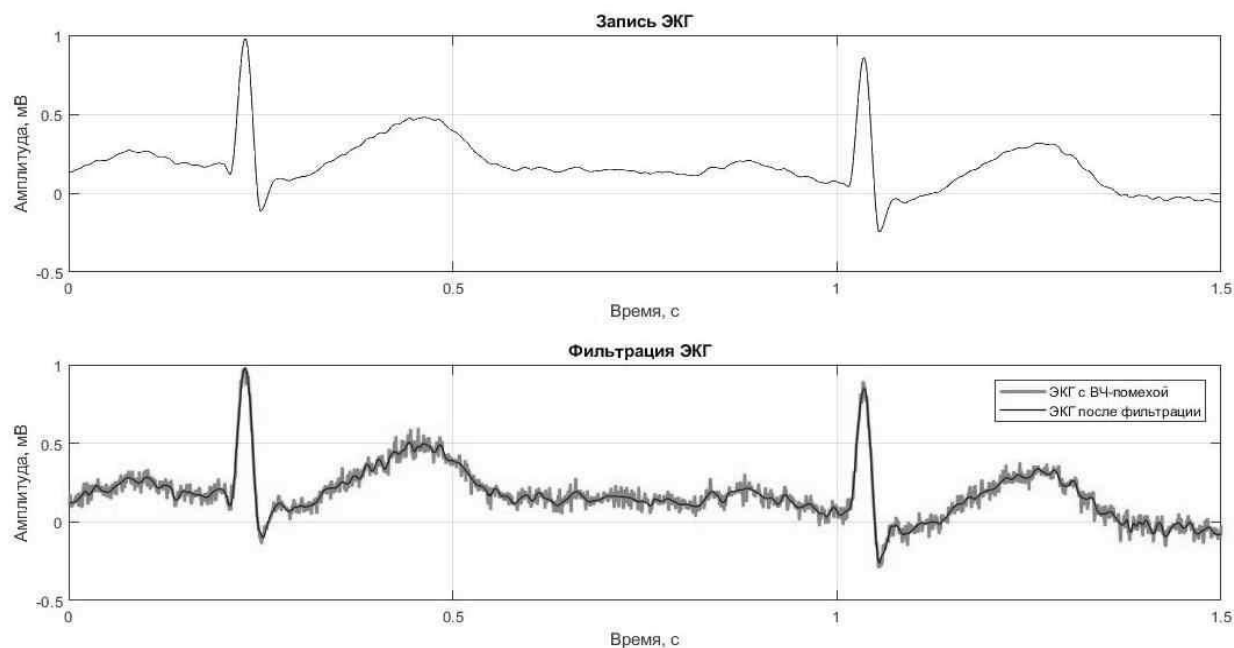


Рисунок 1 – Вейвлетная фильтрация ЭКГ

Следует отметить, что степень подавления ВЧ-помехи можно существенно улучшить, уменьшив верхнюю границу анализируемого частотного диапазона сигнала ЭКГ. Это справедливо для всех рассмотренных алгоритмов при сохранении лучшего результата за вейвлетной фильтрацией. Например, такой подход возможен при проведении исследований вариабельности сердечного ритма, а также предварительных клинических исследованиях ЭКГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход/Пер. с англ. под ред. Немирко А.П. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 440 с.
2. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth 2009. Global Observatory for eHealth Series, 2.
3. А. А. Савостин и др. Сравнительный анализ алгоритмов устранения низкочастотной помехи электрокардиосигнала. Научно-технический журнал «Измерительная техника» – Москва, 2018. – №7. С. 66-72.
4. Kligfield P. et al. Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part I. AHA/ACC/HRS Scientific Statements. Circulation. 2007. № 115. PP. 1306-1324.
5. Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. – М.: Мир, 2005. – 671 с.

REFERENCES

1. Rangayan RM. Analysis of biomedical signals. Practical approach / Trans. from English by ed. Nemirko A.P. - M.: FIZMATLIT, 2007. 440 p.
2. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Global Observatory for eHealth Series, 2.

3. A. A. Savostin et al. Comparative analysis of algorithms for the elimination of low-frequency electrocardiogram interference. Scientific and technical journal "Measuring equipment" - Moscow, 2018. - №7. Pp. 66-72.
4. Kligfield P. et al. Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part I. AHA / ACC / HRS Scientific Statements. Circulation. 2007. № 115. PP. 1306-1324.
5. Mulla S. Wavelets in signal processing: Trans. from English - M.: Mir, 2005. - 671 p.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯЛЫҚ ӨЛШЕУЛЕР КЕЗІНДЕГІ ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ БҰРМАЛАНУЛАРДЫ БАСУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

Г.В. Савостина, Д.В. Риттер, С.И. Латыпов

М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті

Аңдатпа. Жұмыста электрокардиограммаларды тіркеу барысында туындайтын жоғары жиілікті кедергілерді басу үшін сигналдарды сандық өңдеудің негізгі әдістерінің салыстырмалы талдауы көрсетілген. Осындай кедергілердің спектрлік құрамына байланысты пайдалы сигналдың түрі қатты бұрмаланады. Осыған байланысты мақалада электрокардиограммаларды төменжиілікті фильтрациялаудың негізгі бар әдістерінің тиімділігін салыстырмалы бағалау жүргізіледі. Бұл үшін имитирленген және рекурсивті емес сандық сүзгілердің (Баттерворт сүзгісі, экспоненталық сүзгі, жылжымалы орташа сүзгі) сүзгілеу сапасы, Фурье спектрінің компоненттерін нөлге келтіру арқылы сигналды алгоритм және симуляцияланған электрокардиограммаларға арналған эксперименттер нәтижесінде алынатын қайта бөлшектеу коэффициенттерімен сигналды қалпына келтіру кезінде толқындық сүзу талданады және нақты жазбалар. Талдау нәтижесі бойынша қарастырылған әдістерді қолдану жөнінде ұсыныстар мен қорытындылар жасалды.

Кілт сөздер: электрокардиограмма, жоғары жиілікті кедергі, сандық фильтрация, орташа квадраттық қателік.

ANALYSIS OF THE METHODS OF SUPPRESSION OF HIGH-FREQUENCY DISTORTIONS AT ELECTROCARDIOGRAPHIC MEASUREMENTS

G.V. Savostina, D.V. Ritter, S.I. Latypov

M.Kozybayev North Kazakhstan State University

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the main methods of digital signal processing to suppress high-frequency noise arising in the process of recording electrocardiograms. Due to the spectral composition of such interference, the shape of the useful signal is greatly distorted. In this regard, the article provides a comparative assessment of the effectiveness of the main existing methods of low-frequency filtering of electrocardiograms. For this, data on filtering quality of recursive and non-recursive digital filters (Butterworth filter, exponential filter, moving average filter), filtering algorithm by zeroing the components of the Fourier spectrum and wavelet filtering during signal recovery with re-scaled detailing coefficients obtained as a result of experiments for simulated electrocardiograms are analyzed and real records. According to the results of the analysis, conclusions and recommendations on the application of the considered methods were made.

Keywords: electrocardiogram, high-frequency interference, digital filtering, root-mean-square error.

МРНТИ 47.01.81: 59.71.35: 37.31.19

Б.В. Кошекova¹, Ю.Н. Кликушин², А.А. Савостин

¹Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева,
г.Петропавловск, Казахстан

²Омский государственный технический университет, г.Омск, Россия

АЛГОРИТМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация. Представлен анализ компьютерных технологий обработки сейсмограмм для прогнозирования землетрясений. Предложены методика и алгоритм поиска оперативных предвестников землетрясений (ОПЗ) на основе применения S- и FRaSN-методов идентификационных измерений, базирующийся на математических преобразованиях выборочных реализаций временных характеристик сейсмограммы, ее приращений и ранжированных функций. В результате формируются идентификационные параметры формы и виртуальной частоты сейсмограммы, оптимальные пороговые значения которых являются ОПЗ. Представлены результаты моделирования группы реальных сейсмограмм, позволившие определить численные значения ОПЗ с временными промежутками прогнозирования. Разработанный алгоритм применим также для решения задач оперативного прогнозирования других катастроф с автоматической выдачей пользователю числовых оценок и лингвистических описаний.

Ключевые слова: идентификационные измерения, предвестники землетрясений, форма сейсмограммы, виртуальная частота, алгоритм.

Практически еженедельно в мире случаются землетрясения разной силы, достаточно мощные из которых сопровождаются катастрофическими последствиями и цунами с аномально высокими волнами, смывающими поселки и города вместе с жителями.

Несмотря на то, что известно около 600 [1] предвестников землетрясений и имеются методы и приборы, фиксирующие деформации земной коры, большинство землетрясений неожиданны, внезапны и непредсказуемы.

Традиционная стратегия прогнозирования катастроф [1] сводится к выявлению отчётливой аномалии-предвестника, порождённой, например, концентрацией напряжений у окончаний, изломов, взаимопересечений разрывов. Чтобы стать достоверным признаком приближающегося толчка, такая аномалия должна быть единичной и контрастно выделяющейся на окружающем фоне. Но реальная геосреда устроена по-другому. Под нагрузкой она ведёт себя как грубо- и самоподобноблочная (фрактальная), т.е. не может быть чётко обособленных аномалий на однородном фоне, в ней присутствуют неконтрастно различающиеся макро-, мезо- и микроаномалии. Это делает требуемую надёжность и точность прогнозов конкретных землетрясений недостижимыми.

Вместе с тем, в мире ученые активно выполняют научно-исследовательские работы по совершенствованию технологий прогнозирования землетрясений. В частности, в июле 2015 года геологическая служба США [2, 3] выделила сейсмологической лаборатории Беркли 4 миллиона долларов для разработки глобальной сейсмической сети раннего предупреждения ShakeAlert для калифорнийских городов и транспортных сетей. Данные системы представляют собой системы акселерометров, системы коммуникаций, компьютеры и системы сигнализации, которые позволяют предупредить население городов о приближении подземных толчков, или возникновении сейсмической активности. Главной проблемой данного проекта является разработка эффективного программного обеспечения по распознаванию и идентификации сейсмограмм с определением количественных признаков.

Активно ведутся работы по совершенствованию сейсмографов - приборов регистрации и сбора сейсмических данных. В настоящее время развитие сейсмографов связано с применением новых технологий инерциальных и гравитационных измерений, обработки и анализа сейсмограмм, современных инфокоммуникационных достижений [4]. А ученые из Калифорнийского университета в Беркли разработали приложение для Android, регистрирующее сотрясение грунта во время землетрясения.

В настоящее время сейсмографы являются принципиально новыми разработками. Лидером по производству в России сейсмографов является высоко компания ZETLAB. Их инновационной разработкой является сейсмограф ZET 7152-N VER.3, сочетающий в себе функции акселерометра и велосиметра с широким динамическим диапазоном до 176 дБ, возможностью подключения дополнительных внешних датчиков, автономной записью до 18 часов, с интерфейсами LAN и GSM и высокой скоростью передачи данных.

Высокочувствительные и эффективные сейсмографы могут фиксировать все аномалии, однако решение проблемы по поиску эффективных ОПЗ связано с применением интеллектуальных методик и алгоритмов анализа и обработки сейсмограмм. В частности, в работе [5] описано использование искусственных нейронных сетей для решения частной задачи классификации зашумленных сейсмических сигналов.

Из представленного анализа следует, что задача разработки новых методик и алгоритмов для программного обеспечения обработки и анализа сейсмограмм с поиском ОПЗ продолжает оставаться актуальной.

Авторы предлагают использовать для анализа и обработки сейсмограмм теорию идентификационных измерений сигналов (ТИИС) [6], представляющий собой комплекс интеллектуальных технологий идентификации, распознавания и цифровой обработки формы и вариабельности случайных сигналов в структуре глобальных эталонов. В зависимости от конкретной формулировки задачи методики могут быть разными.

В результате проведенных исследований была предложена новая методика обработки сейсмограмм, базирующаяся на технологиях оценки формы и виртуальной частоты временных характеристик сейсмограмм. Из временной характеристики исследуемой сейсмограммы $X^n(t)$ формируется массив формы - выборочной реализации мгновенных значений $X[N]$ с заданной размерностью N и массив приращений

$$\Delta X[N] = [X(i) - X(i - 1)]_{i=1}^N. \quad (1)$$

Путем идентификационного преобразования определяются параметры из соответствующих массивов $ReS = IdP\{X[N]\}$ и $ImS = IdP\{\Delta X[N]\}$.

Идентификационное преобразование $IdP\{\dots\}$ базируется на S-методе ТИИС, который реализуется несколькими этапами: в начале формируется массив $X_r[N]$ путем ранжирования элементов массива $X[N]$ сейсмограммы, далее на основе равномерной дискретизации выбираются 9 значений и вычисляется идентификационный S-параметр:

$$S = \frac{C(8) - C(2)}{C(9) - C(1)} 100, \quad (2)$$

где $C(J)$ – j-ое значение ранжированной функции исследуемой выборки.

Вторая группа идентификационных параметров определяется FRaSH-методом. Виртуальная частота определяется математической зависимостью

$$F = \frac{|\Delta X[N]|}{|\Delta X_r[N]|}, \quad (3)$$

где $|\overline{\Delta X[N]}|$ - модуль среднего значения массива характеристики приращения сейсмограммы;

$|\overline{\Delta X_r[N]}|$ - модуль среднего значения массива характеристики приращения ранжированной функции сейсмограммы.

Параметр формы на основе FRaSH-метода определяется следующей математической зависимостью

$$A = 2 \times \frac{|\overline{\Delta X_r[N]}|}{|\overline{X_r[N]}|} \times N, \quad (4)$$

где $|\overline{X_r[N]}|$ - модуль среднего значения ранжированной функции (массива) сейсмограммы.

Определенные параметры объединяются в вектор идентификационных измерений

$$\vec{Id}[N] = \begin{cases} ReS; \\ ImS; \\ dA; \\ dF. \end{cases} \quad (5)$$

где dA - изменение параметра формы сейсмограммы по FRaSH-методу;

dF - изменение виртуальной частоты.

При обработке сейсмограмм в соответствии с (2) было установлено, что по мере приближения к моменту землетрясения наблюдается одновременное уменьшение значений идентификационных ReS - и ImS -параметров, но с разными коэффициентами наклона характеристик. Если ввести пороговые значения $ReS_{пор}$ и $ImS_{пор}$ и принять, что параметр t_1 – временной промежуток между моментами начала наблюдения и моментом землетрясения, t_2 – временной промежуток между моментами начала наблюдения и выполнением условия $ReS[N]=ReS_{пор}$ и $ImS[N]=ImS_{пор}$, то $t_3^{ReS} = t_1^{ReS} - t_2^{ReS}$ и $t_3^{ImS} = t_1^{ImS} - t_2^{ImS}$ - временные промежутки прогнозирования землетрясения. Следовательно, установленные пороговые значения $ReS_{пор}$ и $ImS_{пор}$ будут являться оперативными предвестниками землетрясений (ОПЗ).

Анализ сейсмограмм в соответствии с (3) и (4) показал, что на графиках изменения формы A и частоты F в области времен непосредственно перед землетрясением имеет место быть скачкообразное изменение характеристик сейсмограммы: по амплитуде формы $dA = (5 \div 11)\%$ и по характеристической виртуальной частоте $dF = (150 \div 600)\%$. Эти факты можно использовать в качестве оперативного предвестников для прогнозирования землетрясений. В момент наступления землетрясения $dA = (380 \div 810)$. Поскольку скачкообразные изменения наблюдаются как по форме, так и по виртуальной частоте, то, установив два компаратора с соответствующими порогами срабатывания $dA_{пор}$ и $dF_{пор}$, можно выделить прогнозируемое количество отсчетов $\Delta n = n_{зем} - n_c$, ($n_{зем}$ - момент землетрясения, n_c - момент срабатывания компараторов), соответствующий временному промежутку прогнозирования t_3^A или t_3^F .

На основе разработанной методики авторами предложен алгоритм обработки и анализа сейсмограмм с поиском ОПЗ (рисунок 1), реализуемый следующими шагами.

Шаг 1. Ввод из сейсмографа временной характеристики $X^i(t)$ исследуемой сейсмограммы.

Шаг 2. Ввод размерности выборочной реализации сейсмограммы N и вектора $\vec{Id}_{пор}[N]$ в соответствии с (5) с оперативными предвестниками землетрясений - пороговыми значениями идентификационных параметров: $ReS_{пор}$, $ImS_{пор}$, $dA_{пор}$, $dF_{пор}$.

Шаг 3. Обращение к процедуре создания для исследуемой сейсмограммы массивов: формы $X^i[N]$, характеристики приращения $\Delta X^i[N]$, ранжированной функции $X_r^i[N]$ и характеристики приращения ранжированной функции $\Delta X_r^i[N]$.

Шаг 4. Формирование по формулам (2) - (5) вектора идентификационных параметров $\overrightarrow{Id^i}[N]$ для исследуемой сейсмограммы.

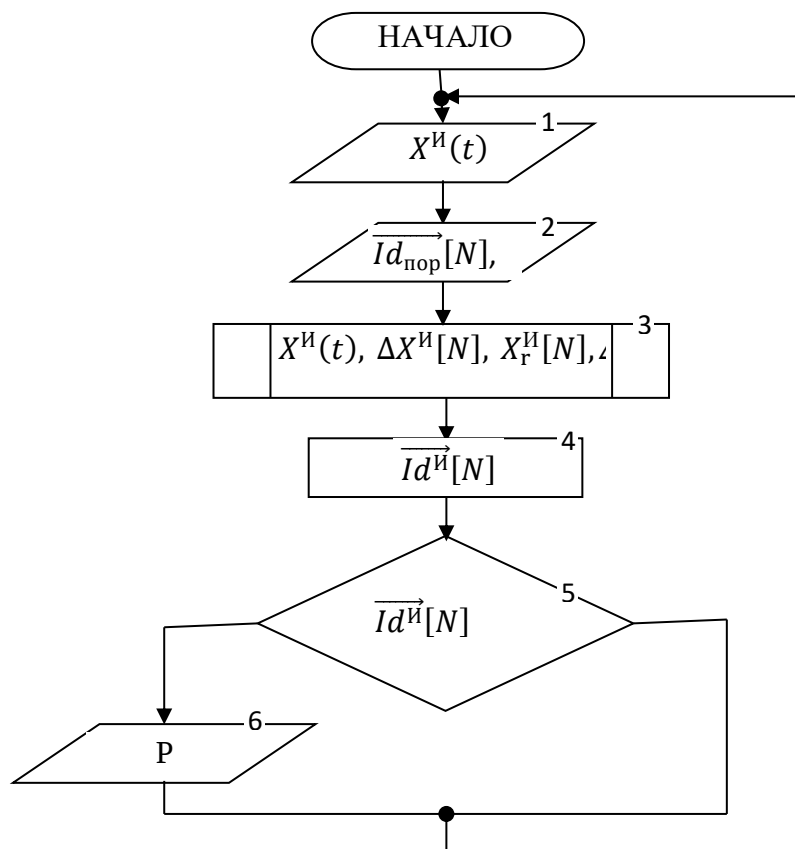


Рисунок 1 - Структура алгоритма обработки сейсмограмм на основе идентификационных измерений

Шаг 5. Если при сравнении вектора $\overrightarrow{Id^i}[N]$ с идентификационными параметрами для исследуемой сейсмограммы с вектором $\overrightarrow{Id_{пор}}[N]$ с оперативными предвестниками землетрясений встречается равенство соответствующих элементов, то переход на Шаг 6, иначе переход на Шаг 1.

Шаг 6. Вывод P - рекомендаций специалисту в области сейсмологии:

P1 - "Определен ОПЗ $ReS[N] \approx ReS_{пор}$ с точностью $\varepsilon=0.01$, и временным промежутком прогнозирования t_3^{ReS} ";

P2 - "Определен ОПЗ $ImS[N] \approx ImS_{пор}$ с точностью $\varepsilon=0.01$, и временным промежутком прогнозирования t_3^{ImS} ";

P3 - "Определен ОПЗ $A \approx A_{пор}$ с точностью $\varepsilon=0.01$, и временным промежутком прогнозирования t_3^A ";

P4 - "Определен ОПЗ $F \approx F_{пор}$ с точностью $\varepsilon=0.01$, и временным промежутком прогнозирования t_3^F ".

Выводы

Предложенная методика и алгоритм анализа сейсмограмм и поиска ОПЗ на основе ТИИС были реализованы в виде компьютерного прибора в среде LabVIEW.

1. В результате моделирования для группы сейсмограмм, предоставленных НИИ сейсмологии Комитета науки Республики Казахстан, с силами $K = \{9.1, 9.2, 9.9, 10.1, 11.5, 12.5, 13.9, 14.7\}$ было определено наиболее оптимальное пороговое значение для ОПЗ по параметрам $ReS_{пор} = ImS_{пор} = 26 \div 28$, при этом интервалы прогнозирования составили $t_3^{ReS} = (20 \div 2808)$, сек и $t_3^{ImS} = (2500 \div 2800)$, сек.

На рисунке 2 проиллюстрировано применение ОПЗ $ReS_{пор} = ImS_{пор} = 28$ для землетрясения с силой $K=9.2$ (левый монитор верхнего ряда), при этом $t_3^{ReS} = 65$ сек $t_3^{ImS} = 2750$ сек.

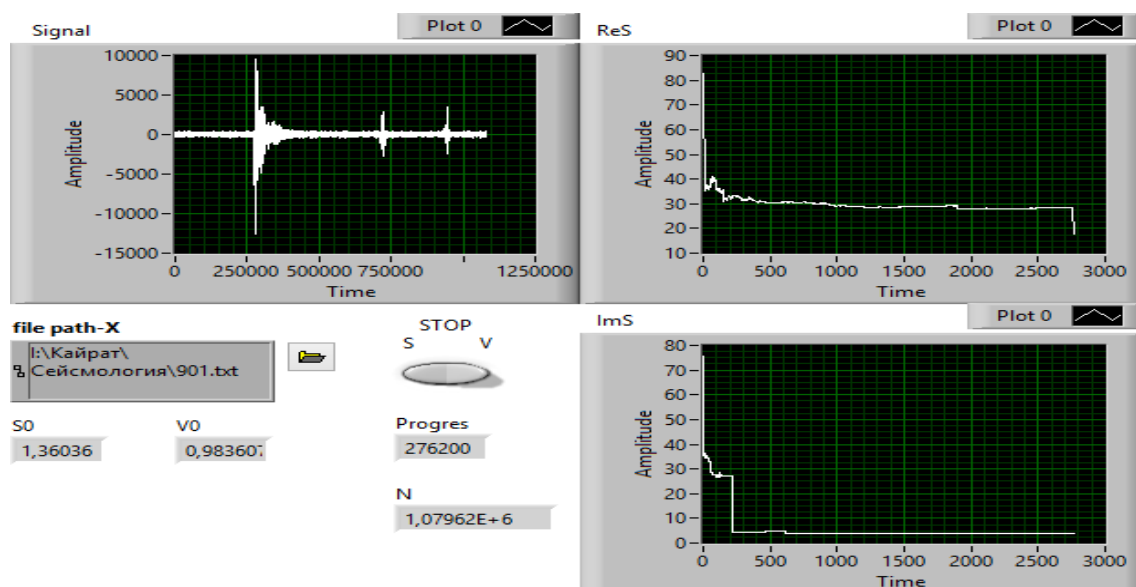


Рисунок 2 - Применение ОПЗ $ReS_{пор} = ImS_{пор} = 28$ для землетрясения с силой $K=9.2$

Также определены пороговые значения параметров $dA_{пор} = (5 \div 11)\%$ и $dF_{пор} = (400 \div 600)\%$ для исследуемых реальных сейсмограмм $\Delta n = (763 \div 1322)$ отсчета или с временным промежутком прогнозирования $t_3^A = t_3^F = (2963 \div 5135)$ сек.

На рисунке 3 применение ОПЗ $dA_{пор} = 5\%$ и $dF_{пор} = 400\%$ для землетрясения с силой $K=9.2$, при этом $t_3^A = t_3^F = 3366$ сек.

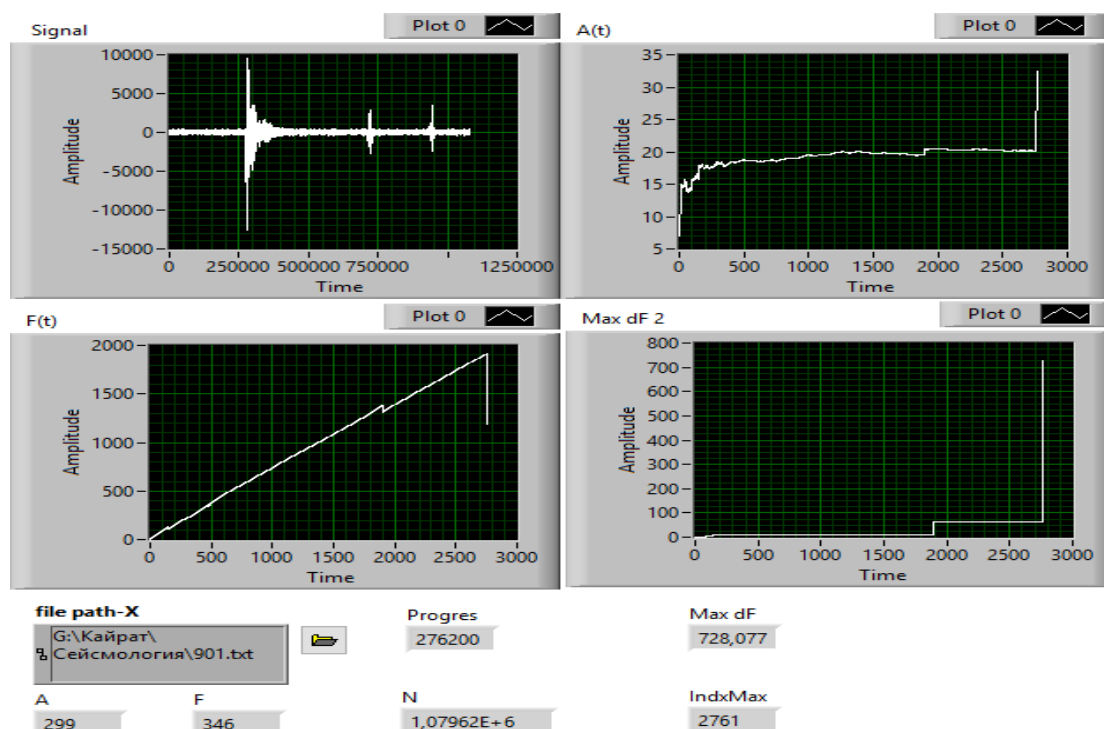


Рисунок 3 - Применение ОПЗ $dA_{\text{пор}} = 5\%$ и $dF_{\text{пор}} = 400\%$ для землетрясения с силой $K=9.2$

Последующие исследования авторов направлены на решения задач в режиме реального времени одновременного фиксирования ОПЗ несколькими станциями, применения технологий искусственного интеллекта для обработки и анализа сейсмограмм, повышения точности поиска.

Следует отметить, что идентификационные измерения можно использовать для решения задач оперативного прогнозирования не только землетрясений, но и других катастроф с автоматической выдачей пользователю рекомендаций в виде числовых оценок и лингвистических описаний в терминах, принятых экспертами данной предметной области.

Работа выполнена в рамках научного гранта №0196ГФ Министерства образования и науки Республики Казахстан и в порядке творческого сотрудничества Северо-Казахстанского государственного университета, Омского государственного технического университета и НИИ сейсмологии Комитета науки Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Короновский Н., Наймарк А. Землетрясений: возможен ли прогноз? //Журнал «Наука и жизнь». - М.: Наука, 2013. - №3. - С. 75-79.
- [2] Hannibal A.E. On the possibility of using artificial neural networks in seismic monitoring tasks. *Seismicheskie Pribory*, 2018, Vol. 54, no. 3. pp. 5–21. DOI: 10.21455/si2018.3-1
- [3] <https://nplus1.ru/news/2016/02/13/seismicsmartphones>
- [4] Qingkai Kong, Richard M. Allen, Louis Schreier, Young-Woo Kwon. MyShake: A smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond. *Science Advances*, , Vol. 2, no. 2, 12 Feb 2016. e1501055. DOI: 10.1126/sciadv.1501055
- [5] Кислов К.В., Гравиров В.В. Использование искусственных нейронных сетей в классификации зашумленных сейсмических сигналов //Сейсмические приборы. - Москва: ФГБУИ "Институт физики земли им. О.Ю Шмидта РАН", 2016. - Т. 52, - № 2. - С.46–64.
- [6] Кликушин Ю.Н., Кошеков К.Т. Методы и средства идентификационных измерений сигналов. - Петропавловск: Изд-во СКГУ им. М. Козыбаева, 2007. - 186 с.

REFERENCES

- [1] Koronovsky N., Naimark A. Earthquakes: is prediction possible? // Journal "Science and Life." - M.: Science, 2013. - №3.- p. 75-79.
- [2] Hannibal A.E. On the possibility of using artificial neural networks in seismic monitoring tasks. *SeismicheskiePribory*, 2018, Vol. 54, no. 3. pp. 5–21. DOI: 10.21455/si2018.3-1
- [3] <https://nplus1.ru/news/2016/02/13/seismicsmartphones>
- [4] Qingkai Kong, Richard M. Allen, Louis Schreier, Young-Woo Kwon. MyShake: A smartphone seismic network for earthquake early warning and beyond. *Science Advances*, , Vol. 2, no. 2, 12 Feb 2016. e1501055. DOI: 10.1126/sciadv.1501055
- [5] Kislov K.V., Gravirov V.V. The use of artificial neural networks in the classification of noisy seismic signals // *Seismic devices*. - Moscow: O. Schmidt Institute of GeoPhysics FSBI of RAS, 2016. - V. 52, - № 2. - P.46–64.
- [6] Klikushin Yu.N., Koshekov K.T. Methods and means of identification measurements of signals. - Petropavlovsk: Publishing house NKSU named after M. Kozybaev, 2007. - 186 p.

СЕЙСМИКАЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕРДІ ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРАЛ РЕТІНДЕ КОМПЬЮТЕРЛІК ИДЕНТИФИКАЦИЯЛЫҚ ӨЛШЕМДЕРДІҢ АЛГОРИТМЫ

Б.В. Кошекoвa¹, Ю.Н. Кликушин², А.А. Савостин

М.Козыбаев¹ атындағы Солтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті, Петропавл қ,
Қазақстан Республикасы;

²Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы қ, Ресей Федерациясы

Аңдатпа. Жер сілкінісін болжау үшін сейсмограмманы компьютерлік технологиялардың көмегімен талдау ұсынылды. S- және FRaSN-әдістері негізінде, математикалық түрлендірулер, сейсмограмманың уақытша сипаттамаларының іріктелген өлшеулері, оның үстеме және мәніне қараған функцияларына негізделген жедел жерсілкіну хабаршыларының әдістемесін және алгоритмын анықтауға ұсыныс жасалды. Соның негізінде оңтайлы табалдырық мәндері жедел жерсілкіну хабаршылары боп табылатын сейсмограмманың виртуал жиілігі және идентификациялық сипаттама үлгісі қалыптасады. Шынайы сейсмограммалар тобын модельдеу нәтижелерін ұсыну уақыт аралықтарына бөлінген жедел жерсілкіну хабаршыларының сандық мәндерін анықтауға мүмкіндік берді. Құрастырылған алгоритм басқа да зілзаланы жедел оперативті болжау және қолданушыға сандық бағалау мен лингвистикалық сипаттамаларды анықтауға қолдануға болады.

Түйінді сөздер: сәйкестендіру өлшемдері, жерсілкіну хабаршылары, сейсмограмма пішіні, виртуалды жиілік, алгоритм.

ALGORITHM OF COMPUTER IDENTIFICATION MEASUREMENTS AS A TOOL FOR ANALYSIS OF SEISMIC DATA

B.V. Koshekova¹, Yu.N. Klikushin², A.A. Savostin¹

¹North Kazakhstan State University named after M.Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan;

²Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Annotation. The analysis of computer technologies for processing seismograms for earthquake prediction is presented. A technique and algorithm for searching operable earthquake precursors (OEP) based on the use of S- and FRaSH-methods of identification measurements, based on mathematical transformations of sampling realizations of temporal characteristics of the seismogram, its increments and ranked functions are proposed. As a result, the identification parameters of the form and the virtual frequency of the seismogram are formed and the OEP are the optimal threshold values. The results of modeling a group of real seismograms, which allowed to determine the numerical values of the OEP with time intervals of prediction, are presented. The developed algorithm is also applicable to solving problems of operable precursors of other disasters with automatic issuance of numerical estimates and linguistic descriptions to the user.

Key words: identification measurements, earthquake precursors, seismogram form, virtual frequency, algorithm.

МРНТИ 89.29.65, 47.49.31

М. М. Молдабеков¹, Д. И. Еремин¹, Д. Г. Жаксыгулова², С. Трепашко¹

¹ДТОО «Институт космической техники и технологий», г.Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ РЕФЕРЕНЦНЫХ GNSS СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: Статья посвящена разработке программной системы управления сетевой инфраструктурой референчных GNSS станций с использованием облачных технологий. Рассматриваются функции программной системы управления и их классификация, виды и функции прикладного программного обеспечения – специализированного программного обеспечения (СПО) и программно-математического обеспечения (ПМО). Представлена структурная схема системы управления на уровне подсистем и программных модулей СПО и ПМО. Представлен типовой комплект оборудования референчных GNSS станций, перечень параметров телеметрии, сигнализации и управления, перечень узлов GNSS станций, данные от которых поступают в СПО. Приведены минимальные требования к вычислительной системе для работы прототипа СПО. Статья рассчитана на широкий круг читателей и может быть полезна специалистам в области высокоточной спутниковой навигации, информационно-управляющих автоматизированных систем.

Ключевые слова: навигационная система, система управления, GNSS станции, сеть референчных станций, дифференциальная станция

Целью создания системы управления сетевой инфраструктурой референчных GNSS станций с использованием облачных технологий (далее - Система) является повышение точности определения географических координат точек местности с использованием спутниковой навигации и метода дифференциальной коррекции, снижение затрат на создание и эксплуатацию Системы за счет использования облачных технологий. Система предназначена для контроля и управления работой сети референчных GNSS станций.

Повышение точности определения географических координат позволяет значительно расширять навигационные системы для решения множества прикладных задач, от использования сверхвысокоточной спутниковой навигации для прецизионного земледелия до автоматического управления беспилотными летательными аппаратами. Большой спрос на высокоточное определение географических координат существует в отраслях геодезии, строительства, геологии, архитектуры и других точных сферах деятельности.

Использование координат местоположения повышенной точности позволяет проводить измерение геометрических параметров крупных инженерных сооружений: наклон и раскачивание высотного здания, колебания мостов и пространственно протяженных объектов, таких как магистральные нефте- и газопроводы. Данные дифференциальных поправок также применяются для определения движения тектонических плит, а также для определения характеристик месторождения при выкачивании нефти или другого ресурса по данным изменения положения контрольных точек на месте.

Функции по назначению Системы могут быть классифицированы: управляющие функции (воздействие на объекты и процессы), информационные функции (сбор и обработка данных, предоставление информации персоналу и потребителям услуг), вспомогательные функции (обеспечение работы системы) [1, 2].

Система выполняет следующие управляющие функции:

- удаленный контроль телеметрии о состоянии узлов референчных GNSS станций (по показаниям датчиков);
- удаленный контроль режимов работы и управление режимами работы референчных GNSS станций.

Система выполняет следующие информационные функции:

- сбор входных данных от сети референчных GNSS станций («сырые» навигационные, метеорологические, телеметрические данные);
- предоставление потребителям «сырых» навигационных данных для реализации режима дифференциальной коррекции в постобработке (PP);
- расчет и предоставление потребителям корректирующей информации к сигналам ГНСС для реализации режима дифференциальной коррекции (RTK, VRS, FKP);
- предоставление персоналу текущей и архивной информации о качестве работы Системы и сети референчных GNSS станций (отображение конфигурации режимов работы и статуса состояния узлов референчных GNSS станций, сигнализация о граничных режимах, сбоях и неисправностях).

Система выполняет следующие вспомогательные функции:

- контроль целостности (качества) входных данных («сырых» навигационных, метеорологических и телеметрических данных);
- хранение (архивирование) входных данных;
- хранение (архивирование) выходных данных (навигационных решений);
- ведение архива событий в Системе (отказы и неисправности);
- резервирование баз данных;
- регистрация, ведение реестра и контроль доступа персонала Системы, разграничение прав доступа и полномочий по управлению Системой;
- регистрация, ведение реестра и контроль доступа потребителей услуг, биллинг предоставляемых потребителям услуг (регистрация заказов, выставление счетов, контроль оплаты счетов, учет предоставленных услуг, открытие и закрытие доступа);
- управление расписанием (регламентом) работы центра управления и сети референчных GNSS станций.

Система классифицируется по критерию основных выполняемых функций как автоматизированная система управления (АСУ) или автоматизированная информационная система (АИС). Система выполняет и управляющие, и информационные функции, таким образом, Система является комбинированной и содержит:

- автоматизированную систему управления сетью референчных GNSS станций, которая работает под управлением специализированного программного обеспечения (СПО);
- автоматизированную информационную систему навигационных данных (АИС-НАВ), которая рассчитывает навигационные решения посредством программно-математического обеспечения (ПМО) и предоставляет их потребителям услуг.

В информационно-управляющей Системе используется системное и прикладное программное обеспечение, которое устанавливается и исполняется в облачной вычислительной системе.

Необходимое системное программное обеспечение (операционная система, утилиты, СУБД, инструментальное, встроенное, связующее ПО) для работы облачной вычислительной системы, определяет и предоставляет провайдер облачных услуг. Системное ПО не требует разработки, требования к нему не предъявляются. Разработчику Системы достаточно информации провайдера облачных услуг об используемой операционной системе для возможности компиляции разрабатываемого прикладного ПО.

На рабочих станциях центра управления Системой используется лицензионное системное ПО и операционная система Microsoft Windows версии 7/8/10.

Для визуального отображения данных на рабочих станциях центра управления Системой и вывода графической информации на внешние мониторы будет разработан или использован имеющийся в облачном сервисе программный модуль визуализации.

Разработка прикладного программного обеспечения СПО и ПМО есть основная цель реализации проекта Системы.

СПО и ПМО построены по модульному принципу с контролем целостности исходного кода и не допускают несанкционированное изменение программных модулей и настроечных параметров. Каждый модуль реализуется как исполняемый или динамически подключаемый. Для создания исполняемого или динамически подключаемого модуля используются программные среды разработки, которые выполняют преобразование написанного программного кода на языке программирования в двоичное представление для вычислительной системы. Таким образом, при использовании откомпилированных модулей осуществляется защита от несанкционированного изменения алгоритмов СПО и ПМО. Санкционированное изменение СПО и ПМО доступно только назначенному персоналу (системный администратор) по методике согласно эксплуатационной документации на Систему. СПО и ПМО предусматривает возможность своего периодического обновления без потери установочных параметров.

Прикладное программное обеспечение СПО и ПМО предназначено к исполнению в облачной вычислительной системе, поэтому будет кроссплатформенным и исполняемым на разных аппаратных платформах, под управлением разных операционных систем. При разработке программных модулей СПО и ПМО может использоваться открытое ПО с доступным для изменения исходным кодом или свободное ПО со свободной лицензией.

Специализированное программное обеспечение (программная платформа автоматизированной системы управления сетью референчных GNSS станций) обеспечивает выполнение следующих функций:

- регистрация каждой референчной GNSS станции со своим статическим IP адресом внутри сети VPN;
- сбор входных данных от сети референчных GNSS станций по выделенным Интернет каналам связи внутри сети VPN (сетевой протокол транспортного уровня TCP, стек протоколов передачи данных TCP/IP);
- контроль телеметрической информации о состоянии узлов референчных GNSS станций (по критерию соответствия параметров телеметрии граничным условиям);
- выдача аварийных сигналов при выходе параметров телеметрии за граничные условия (граничные условия/уровни выставляет администратор Системы);
- сбор, регистрация и отображение «готовых» аварийных сигналов от сети референчных GNSS станций (при реализации функций самодиагностики в референчной GNSS станции);
- контроль режимов работы и управление режимами работы оборудования референчных GNSS станций;
- установка периода регистрации данных в референчных GNSS станциях, периода выдачи данных в Систему;
- контроль целостности входных данных от сети референчных GNSS станций (проверка целостности файлов «сырых» навигационных данных, метеорологических и телеметрических данных по формальным признакам – наличие потока данных, корректное заполнение информационного поля данных, сравнение дублирующих независимых файлов), восстановление целостности файлов (замена поврежденных файлов их резервными копиями);
- архивирование входных и выходных (рассчитанных ПМО) данных Системы в подсистеме хранения (ведение базы данных);

- контроль наличия свободного пространства в подсистеме хранения данных;
- регистрация пользователей Системы (персонал Системы, потребители услуг), контроль доступа к Системе, разграничение полномочий;
- предоставление услуг потребителям и биллинг услуг: прием заявок, выставление счетов, контроль оплаты счетов, оказание услуг (передача запрашиваемых данных);
- визуализация данных в виде временных графиков, таблиц, символов, сообщений в графическом интерфейсе пользователя (GUI);
- предоставление персоналу информации о качестве работы Системы и сети референчных GNSS станций.

В первой части статьи рассмотрены перечень, назначение и основные функции подсистем, архитектура Системы с использованием облачных технологий.

Структурная схема Системы на уровне подсистем и программных модулей СПО и ПМО представлена на рисунке 1.

СПО обеспечивает работу четырех групповых подсистем:

1) подсистема взаимодействия с сетью референчных GNSS станций: в группу входят подсистема передачи данных (каналы связи), подсистема сбора данных от сети референчных GNSS станций, подсистема контроля телеметрии и диагностики неисправностей (модуль контроля телеметрии и модуль контроля целостности входных данных), подсистема контроля и управления режимами работы референчных GNSS станций. Подсистема контроля телеметрии и диагностики неисправностей осуществляет контроль данных телеметрии о состоянии узлов референчных GNSS станций, выполняет регистрацию данных от датчиков референчных GNSS станций, мониторинг состояния узлов референчных GNSS станций по данным телеметрии, регистрацию событий и неисправностей в работе референчных GNSS станций;

2) подсистема хранения данных: в группу входят подсистема хранения данных и подсистема поиска и выгрузки архивных данных. Подсистема хранения данных обеспечивает многомерное хранилище структурированных данных Системы и содержит следующие модули: модуль хранения входных данных от сети референчных GNSS станций (телеметрические, навигационные, метеоданные), модуль хранения выходных данных (рассчитанные ПМО навигационные решения), модуль хранения информации об ошибках и неисправностях, модуль хранения параметров СПО, модуль резервного копирования и восстановления данных. Модуль резервного копирования и восстановления данных обеспечивает механизм резервного копирования и восстановления подсистемы хранения данных и реализует алгоритм автоматического резервного копирования подсистемы хранения данных;

3) подсистема визуализации данных обеспечивает взаимодействие оператора с Системой посредством графического интерфейса и содержит модуль визуализации режимов работы референчных GNSS станций, модуль визуализации событий и неисправностей ДС, модуль визуализации данных телеметрии, модуль визуализации справочного руководства. Модуль визуализации событий и неисправностей референчных GNSS станций обеспечивает визуализацию всей полученной и зарегистрированной информации об ошибках и неисправностях референчных GNSS станций сети и СПО в хронологическом порядке. Модуль визуализации данных телеметрии обеспечивает визуализацию текущих параметров датчиков и архива параметров датчиков за период работы СПО. Модуль визуализации справочного руководства обеспечивает вывод информации для оператора о программе СПО, справки о грамотном использовании, поиск по ключевым словам в справочном руководстве, контекстную справочную информацию;

4) подсистема контроля доступа пользователей к Системе и биллинга услуг обеспечивает регистрацию, ведение реестра персонала (администраторов, операторов) и потребителей услуг, контроль доступа и разграничение полномочий персонала.

Подсистема выполняет прием заявок потребителей, формирует счета на оплату услуг, фиксирует факт оплаты, открывает доступ к оплаченным услугам и прекращает доступ по истечении срока или объема оказанных услуг.

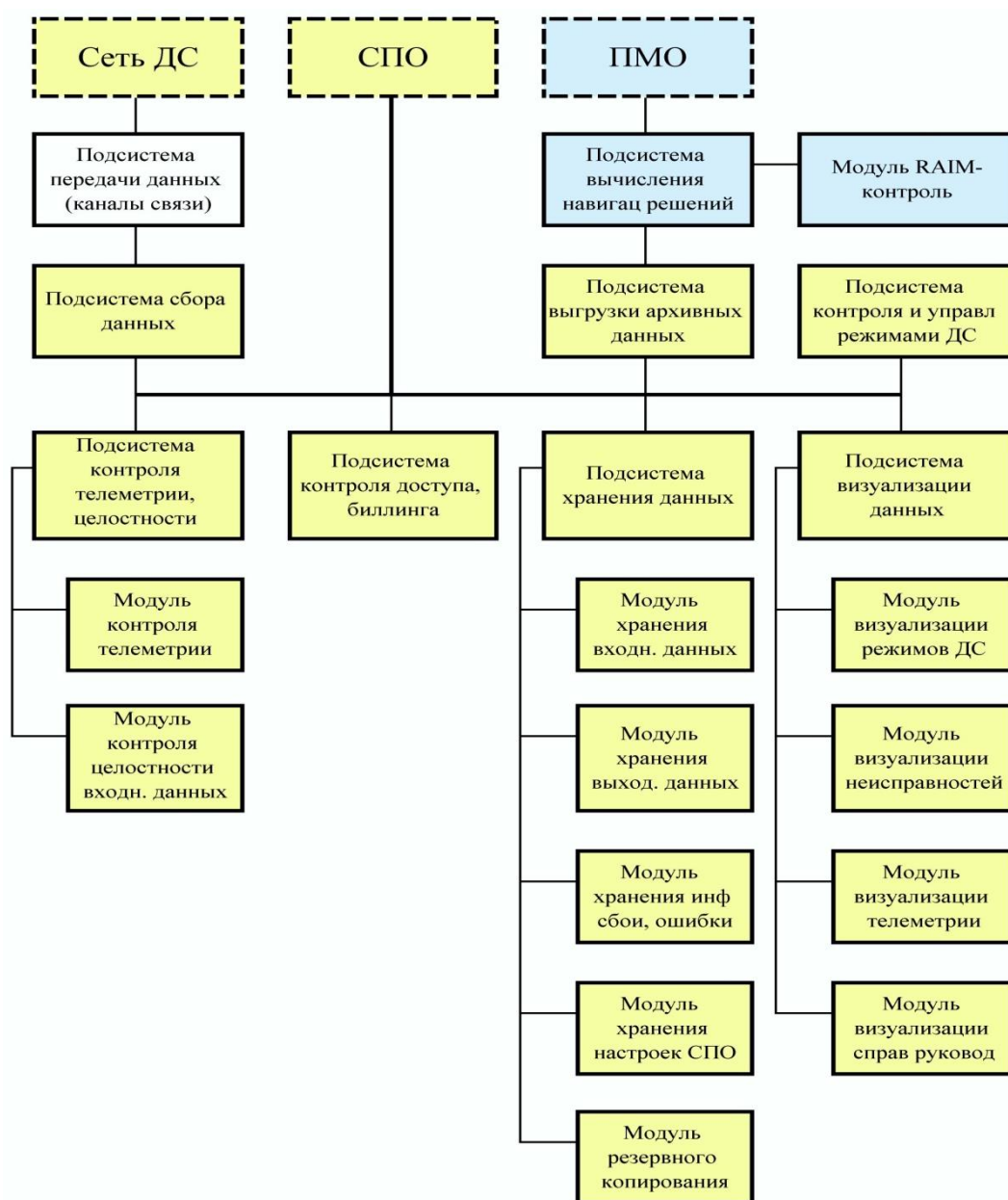


Рисунок 1 – Структурная схема Системы, подсистемы и программные модули СПО и ПМО

В составе СПО разрабатывается универсальная подсистема сбора данных телеметрии о состоянии узлов референчных GNSS станций, сигнализации о неисправностях и аварийных состояниях и управления режимами работы референчных GNSS станций, которая может быть адаптирована для конкретных типов ДС. В таблице 1 представлен типовой комплект оборудования референчных GNSS станций и перечень параметров телеметрии, сигнализации и управления референчных GNSS станций.

Таблица 1 – Типовой перечень параметров телеметрии, сигнализации и управления референчных GNSS станций

№	Наименование оборудования	Телеметрия	Сигнализация	Управление
		Сбор данных, текущий статус (Вкл./Откл.)	Граничное или аварийное состояние	Вкл./Откл. оборудования
1	Электросчетчик	+	--	--
2	АЗС первичной электросети	+	--	--
3	Реле первичной электросети	+	--	+ / +
4	Источник бесперебойного питания (ИБП) вторичной сети	+	+	+ / +
5	АЗС вторичной сети	+	--	--
6	Метеостанция	+	+	+ / +
7	Инклинометр (опция)	+	--	+ / +
8	ГНСС приемник	+	+	+ / +
9	УКВ передатчик (опция)	+	+	+ / +
10	Контрольный УКВ приемник (опция)	+	+	+ / +
11	Камера IP	+	--	+ / +
12	Маршрутизатор Ethernet	+	+	+ / +
13	Модем GSM/GPRS/3G (опция)	+	+	+ / +
14	Датчик температуры 1 внутри	+	+	--
15	Датчик температуры 2 снаружи	+	--	--
16	Датчик влажности	+	+	--
17	Нагреватели	+	--	+ / +
18	Вентиляторы	+	--	+ / +
19	Датчик открывания дверей	+	--	--

Разработан прототип СПО для управления сетью референчных ГНСС станций. СПО разработано на алгоритмическом языке программирования C# прикладного уровня, ориентированном для программной платформы Microsoft .NET Framework 4.0.

Минимальные требования к вычислительной системе для работы прототипа СПО (требования могут быть уточнены на стадии технического проекта):

- операционная система: Windows 7/8/10;
- процессор (CPU): x86 (32-бит) или x64 (64-бит), 2 физических ядра, тактовая частота 2 ГГц и выше;
- оперативная память (RAM): не менее 2 ГБ;
- свободное дисковое пространство (HDD): не менее 20 ГБ;
- интерфейс приема/передачи данных: Fast Ethernet 100BASE-T (Ethernet 100 Мбит/с).

В таблице 2 представлен перечень узлов референчных GNSS станций, данные которых поступают в СПО.

Таблица 2 – Перечень узлов референчных GNSS станций, данные от которых поступают в СПО

№	ID	Обозначение в СПО	Наименование
Подсистема взаимодействия с ДС			
1	0001	objControlModuleStateDS	Модуль управления состоянием ДС
2	0002	objModuleReceivingSensorReadings	Модуль получения показаний датчиков
3	0003	objDiagnosticModuleEfficiencyUnitsDS	Модуль диагностики работоспособности узлов ДС
Подсистема визуализации данных			
1	0101	objGraphicalInterfaceManagingDS	Графический интерфейс управления ДС
2	0102	objVisualizationModuleHistoryEventsAndStates DS	Модуль визуализации истории событий и состояний ДС
3	0103	objVisualizationModuleFaultHistoryDS	Модуль визуализации истории неисправностей ДС
4	0104	objVisualizationModuleUser	Модуль визуализации действий пользователя
5	0105	objVisualizationModuleHelp	Модуль визуализации справки
Подсистема хранения данных			
1	0201	objStorageModuleSensor	Модуль хранения показаний датчиков
2	0202	objStorageModuleInformationAboutFaults	Модуль хранения информации о неисправностях
3	0203	objStorageModuleParametersOfSPO	Модуль хранения параметров СПО
4	0204	objStorageModuleUserEvents	Модуль хранения действий пользователя
5	0205	objModuleBackupAndRestore	Модуль резервного копирования и восстановления данных
Дифференциальная станция			
1	1000	objWeatherStation	Метеостанция
2	1100	objInclinometer	Инклинометр
3	1200	objGNSSReceiver	GNSS приемник
4	1300	objFMTransmitter	УКВ передатчик
5	1400	objFMMonitoringReceiver	Контрольный приемник УКВ
6	1500	objCamera	IP Камера
7	1600	objCounter	Счетчик
8	1700	objComputer	Вычислитель
9	1800	objHDD	HDD
10	1900	objRouter	Маршрутизатор
11	2000	objUPS	Источник бесперебойного питания

12	2100	objRelay	Блок реле
13	2200	objTemperatureSensor	Датчик температуры
14	2300	objHumiditySensor	Датчик влажности
15	2400	objDoorSensor	Датчик открытия дверей

Программно-математическое обеспечение ПМО (программная платформа АИС-НАВ) обеспечивает обработку «сырых» навигационных данных и решение следующих навигационных задач:

- контроль целостности сигналов ГНСС по служебной информации в составе сигнала (в работе/на обслуживании), отстранение нерабочих сигналов ГНСС из решения;
- расчет навигационных решений в режиме реального времени для каждой референционных GNSS станций сети;
- RAIM-контроль аномальных отклонений (автономный мониторинг целостности приемника), отстранение аномальных сигналов референционных GNSS станций из решения;
- расчет факторов снижения точности PDOP/GDOP для навигационных решений;
- расчет дифференциальных поправок по технологии RTK, MAX, i-MAX, VRS, FKP в реальном времени, в требуемых форматах (CMR, CMRx, RTCM 2.x, RTCM 3.x). Условия задачи для ПМО к расчету дифференциальных поправок выставляет СПО, рассчитанные навигационные решения ПМО сохраняются в подсистеме хранения, затем СПО отправляет готовые навигационные решения потребителям услуг.

На структурной схеме (рисунок 2.1) ПМО содержит подсистему вычисления навигационных решений и программный модуль RAIM-контроль.

Работа выполнена в рамках проекта AP05134038 «Разработка программной системы управления инфраструктурой референционных GNSS станций с использованием облачных технологий» грантового финансирования КН МОН РК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Втюрин В.А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП. - СПб. Санкт-Петербургская Государственная Лесотехническая Академия имени С.М. Кирова, 2006. – 152 с.
- 2 Суриков В.Н., Серебряков Н.П. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию/ ВШТЭ СПбГУТД. - СПб. 2017 – 46 с.

REFERENCES

- 1 Vtyurin V.A. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processami. Osnovy ASUTP. - SPb. Sankt-Peterburgskaya Gosudarstvennaya Lesotekhnicheskaya Akademiya imeni S.M. Kirova, 2006. – 152 s.
- 2 Surikov V.N., Serebryakov N.P. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi processami: uchebno-metodicheskoe posobie po kursovomu proektirovaniyu/ VSHTTE SPBGUTD. - SPb. 2017 – 46 s.

БҰЛТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, РЕФЕРЕНЦТІ GNSS СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЖЕЛІЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМДАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

М. М. Молдабеков¹, Д. И. Еремін¹, Д. Г. Жаксыгулова², С. Трепашко¹

¹«Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақала бұлттық технологияларды қолданатын референцті GNSS станцияларының желілік инфрақұрылымдарын басқару үшін бағдарламалық жасақтама жүйесін әзірлеуге арналған. Бағдарламалық қамтаманы басқару жүйесінің функциялары және оларды жіктеу, қолданылатын бағдарламалық қамтамасыз етудің түрлері мен функциялары - мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз ету (МБҚ) және бағдарламалық-математикалық қамтамасыз ету (БМҚ) қарастырылады. Кіші жүйелер деңгейінде және МБҚ және БМҚ бағдарламалық модульдеріндегі басқару жүйесінің құрылымдық схемасы ұсынылған. GNSS станцияларына арналған жабдықтың типтік жиынтығы, телеметрия, сигнал беру және басқару параметрлерінің тізімі, GNSS станцияларының түйіндер тізімі, олардың МБҚ түсетін деректерінің үлгілік жиынтығы көрсетілген. МБҚ прототипін пайдалану үшін компьютерлік жүйенің ең төменгі талаптары келтірілген. Мақала оқырмандардың кең ауқымына арналған және жоғары дәлдіктегі спутниктік навигация, ақпараттық басқару автоматтандырылған жүйелер саласындағы мамандар үшін пайдалы болуы мүмкін.

Кілттік сөздер: навигация жүйесі, басқару жүйесі, GNSS станциялар, референцті станциялар жүйесі, дифференциалдық станция.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MANAGING THE NETWORK INFRASTRUCTURE OF REFERENCE GNSS STATIONS USING CLOUD TECHNOLOGIES

M.Moldabekov¹, D.Yeryomin¹, D.Zhaxygulova², S.Trepashko¹

¹AALR «Institute of Space Technique and Technology», Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article is devoted to the development of a software system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations using cloud technologies. The functions of the software control system and their classification, types and functions of application software - specialized software (SS) and mathematical software (MS) are considered. The structure diagram of management system at the level of subsystems and software modules of SS and MS is provided. The standard set of the equipment of reference GNSS stations, the list of parameters of telemetry, signaling and control, the list of the GNSS nodes of stations from which data come to SS is provided. The minimum requirements to the computing system for operation of a prototype of SS are provided. The article is expected a wide range of readers and can be useful to experts in the field of high-precision satellite navigation, management information automated systems.

Keywords: navigation system, control system, GNSS stations, network of reference stations, differential station.

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

МРНТИ 47.49.31

Айтмагамбетов А.З., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.

ДТОО «Институт космической техники и технологий», г.Алматы, Казахстан

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Аннотация. В статье приведены методы и методики отслеживания воздушных судов в режиме реального времени. Проведен анализ наземных радиоэлектронных средств для контроля траекторий полетов воздушных судов. Описаны принципы работы методов определения места воздушного судна в режиме полета, такие как радиолокационная станция предупреждения столкновений и навигации, радиотехническая система в ближней навигации, доплеровская автономная навигационная система, первичные радиолокаторы, вторичные радиолокаторы режима S и система с технологией ADS-B. Приведены основные функции разрабатываемой системы мониторинга полета малых воздушных судов гражданского назначения.

Ключевые слова: мониторинг полетной траектории, мониторинг, малое воздушное судно, глобальная навигационная спутниковая система, спутниковая связь.

Определение местоположения воздушного судна в пространстве – одна из основных задач навигации, что значителная часть бортового и наземного навигационного оборудования предназначена для решения этой задачи, хотя помимо этого необходимо определить скорость, ускорение и направление перемещения воздушного судна (ВС).

Определение местоположения и параметров движения осуществляется техническими средствами навигации, которые состоят из следующих групп [1]:

- Геотехнические средства;
- Астрономические средства;
- Радиотехнические средства.

Принцип действия геотехнических средств основан на использовании физических полей Земли (магнитного, гравитационного, поля атмосферного давления), либо использовании общих физических законов и свойств (например, свойства инерции). К этой самой ранней группе относятся барометрические высотомеры, магнитные и гироскопические компасы, механические часы, инерциальные навигационные системы и т.п.

Астрономические средства, такие как авиационные компасы, секстанты и ориентаторы использовались на ранних стадиях аэронавигационной практики. Однако точность астрономических средств была низка, а время, необходимое для определения с их помощью навигационных параметров, достаточно велико, поэтому с появлением более точных и удобных радиотехнических средств астрономические средства оказались за рамками штатного оборудования гражданских ВС, оставаясь лишь на самолетах, выполняющих полеты в полярных районах.

В настоящее время радиотехнические средства представляют собой самую широко применяемую группу технических средств, являющихся в современной аэронавигации основными для определения как координат ВС, так и направления его движения. Они основаны на излучении и приеме радиоволн бортовыми и наземными радиотехническими устройствами, измерении параметров радиосигнала, который и несет навигационную информацию.

Радиотехнические средства по месту расположения делятся на наземный и самолетные (бортовые) [2]. К наземным радиотехническим средствам относятся:

приводные и радиовещательные станции, станции радионавигационных систем, радиопеленгаторы, радиомаяки, радиолокаторы и радиомаркеры. К бортовым радиотехническим средствам относятся: радиокомпасы, самолетные радиолокаторы и радиостанции, специальное самолетное оборудование навигационных систем, доплеровские измерители угла сноса и путевой скорости, радиовысотомеры. Наземные и некоторые самолетные радиотехнические средства используются в самолетовождении совместно. Например, самолетные радиокомпасы применяются, когда работают приводные или радиовещательные станции; наземные радиопеленгаторы могут запеленговать самолет, если на нем установлена радиостанция, и т. д.

Место самолета в полете может определяться с помощью радиокомпаса по одной и двум радиостанциям:

- По одной радиостанции двухкратным пеленгованием и прокладкой пеленгов на карте. Для применения данного способа необходимо использовать боковые радиостанции, расположенные от ЛЗП до 150 км, а РВС — до 300 км.

- По двум радиостанциям. Место самолета определяется как точка пересечения двух линий радиопеленгов, проложенных на карте.

Наземный радиопеленгатор — это специальное приемное радиотехническое устройство, позволяющее определять направление на самолет, на котором работает передающая радиостанция. Данные пеленгации наземного радиопеленгатора могут быть использованы только при наличии двусторонней связи экипажа самолета с землей.

Экипаж самолета (командир корабля, штурман или бортрадист) через самолетный передатчик запрашивает у диспетчера радиопеленг соответствующим кодовым выражением в телефонном или телеграфном режиме. Диспетчер в момент запроса радиопеленга производит пеленгование самолетного передатчика и сообщает по радио на борт самолета результаты пеленгования, т. е. значение радиопеленга. По запросу с борта самолета диспетчер может сообщить экипажу направление от радиопеленгатора на самолет или направление от самолета на радиопеленгатор.

Наземные радиопеленгаторы обладают большим радиусом действия и обеспечивают самолетовождение на большие расстояния. Дальность пеленгования и точность определения пеленга наземными радиопеленгаторами зависит от высоты полета, типа наземного радиопеленгатора, метеоусловий и мощности самолетных передатчиков.

Для коротковолновых радиопеленгаторов (КРП) ближнего действия дальность пеленгования достигает 600 — 1000 км, а точность определения пеленга $\pm 2^\circ$. Для КРП дальнего действия дальность пеленгования достигает 5000 — 6000 км, а точность определения пеленга $\pm 1^\circ$. Для ультракоротковолновых радиопеленгаторов (УРП) дальность пеленгования для высот полета 3000 — 5000 м составляет 150 — 180 км, а для высот полета 8000 — 10 000 м — до 300 км, точность определения пеленга $\pm 3^\circ$.

В зависимости от условий полета и навигационной обстановки места самолета может быть определено:

- по одному радиопеленгатору;
- по двум радиопеленгаторам;
- по радиопеленгатору и радиостанции.

Определение места самолета по одному и двум радиопеленгаторам производится в таком же порядке, как и по одной и двум радиостанциям. Отличие состоит только в том, что экипаж получает на борт готовые пеленги.

Определение места самолета по радиопеленгатору и радиостанции. Выбор радиостанции и радиопеленгатора для определения МС осуществляется так же, как и выбор двух радиостанций. Данный способ применяется при видимости земной поверхности и наличии на ней опознанного характерного линейного ориентира (крупной реки, береговой черты и т. д.).

Существуют следующие методы определения места воздушного судна в режиме полета:

- Радиолокационная станция предупреждения столкновений и навигации;
- Радиотехническая система в ближней навигации;
- Доплеровская автономная навигационная система;
- Первичные радиолокаторы;
- Вторичные радиолокаторы режима S;
- Система с технологией ADS-B.

Радиолокационная станция предупреждения столкновений и навигации. Определение места самолета по пролету характерного радиолокационного ориентира применяется, когда впереди на ЛЗП (линии заданного пути) на небольшом удалении от самолета имеется характерный радиолокационный ориентир.

Место самолета с помощью РПСН-2 определяется в режиме «Обзор» или «Дальний обзор» одним из следующих способов:

- по пролету характерного радиолокационного ориентира (на небольшом удалении на ЛЗП (линии заданного пути) характерный радиолокационный ориентир).
- по пеленгу и дальности радиолокационного ориентира (опознанный радиолокационный ориентир расположен в стороне от ЛЗП).
- по пеленгам двух радиолокационных ориентиров (когда на экране нет меток дальности).
- по дальностям до двух радиолокационных ориентиров (когда на экране радиолокатора имеется два опознанных ориентира).

Для определения места самолета необходимо предварительно произвести счисление пути по курсу, скорости и времени полета и от полученной точки ориентировочно определить курсовые углы и расстояния до радиолокационных ориентиров.

Радиотехническая система в ближней навигации. Система работает на ультракоротких волнах, поэтому обмен сигналами между самолетом и наземным маяком возможен лишь на дальностях прямой видимости, которая в основном зависит от высоты полета. При работе система непрерывно выдает дальность от самолета до маяка и азимут самолета относительно истинного меридиана, проходящего через радиомаяк.

В горной местности, а также при наличии препятствий на пути распространения ультракоротких волн дальность действия системы уменьшается и зависит от угла, под которым видна антенна наземного маяка с самолета (угла места наивысшей точки препятствия). Непосредственно над радиомаяком прием сигналов невозможен из-за наличия нерабочей воронки, радиус которой примерно равен высоте полета самолета. На самолете азимут и дальность непрерывно выдаются прямопоказывающим прибором дальности и азимута — ППДА

Доплеровская автономная навигационная система. Доплеровская автономная навигационная система (навигационная система «Трасса») является автономной и может применяться на самых дальних трассах. Ее основной частью является измеритель путевой скорости и угла сноса, использующий эффект Доплера. Текущие значения угла сноса, путевой скорости и координаты места самолета непрерывно выдаются на указатели системы.

Доплеровский измеритель позволяет непосредственно определить путевую скорость по спектру частот сигнала, отраженного земной поверхностью, основываясь на эффекте Доплера, заключающемся в изменении частоты отраженного от объекта сигнала в зависимости от скорости движения этого объекта.

Однолучевые радиоизмерители скорости не находят применения из-за очень низкой точности измерения. Неточность эта вызвана, в первую очередь, неточностью совмещения оси ДНА с вектором W из-за погрешности измерения. Второй важной причиной

погрешностей измерения скорости однолучевым прибором является крен ЛА. Эта погрешность достигает 0.05% отклонения показаний прибора от истинной скорости на каждый градус крена летательного аппарата.

Наиболее разумным способом увеличения точности измерения скорости является применение многолучевых измерителей, излучающих в двух, трех или четырех направлениях.

Многолучевые измерители вектора скорости, основанные на эффекте Доплера, делятся на самолетные и вертолетные. В самолетных ДИСС измеряется продольная и поперечная составляющие вектора скорости, тогда как в вертолетных системах измеряется еще и вертикальная составляющая скорости.

Первичные радиолокаторы. Самолетный радиолокатор - бортовое приёмопередающее устройство летательного аппарата, предназначенное для автоматической выдачи информационных посылок по запросному сигналу РЛС (радиолокационная станция).

Первичный (пассивный) радиолокатор, в основном, служит для обнаружения целей, освещая их электромагнитной волной и затем принимая отражения (эхо) этой волны от цели. Поскольку скорость электромагнитных волн постоянна, становится возможным определить расстояние до цели, основываясь на измерении различных параметров распространения сигнала

Вторичные радиолокаторы режима S. Более совершенная, дискретно-адресная система вторичной радиолокации (ДАС ВРЛ) режима S снимает большинство проблем, связанных с применением традиционных систем вторичной радиолокации. Проблема актуальна при наличии большого количества летательных аппаратов, например, в зоне аэропорта.

Под режимом S (от англ. selective – избирательный, селективный) подразумевается адресный запрос, т.е. на запрос отвечает самолет (приемоответчик), адрес которого, указан в запросном сигнале наземного ВОРЛ (вторичный обзорный радиолокатор). ВОРЛ при этом получает такую же информацию от самолетного ответчика, что и традиционный ВРЛ, но поскольку идет общение «тет-а-тет» с приемоответчиком S конкретного самолета, который в данный момент находится в направленном луче, то:

- снижается до минимума появление ложных целей из-за переотражений и взаимных помех;
- обеспечивается высокая разрешающая способность, т.е. потеря цели вследствие наложения ответов (перекрытия друг друга по времени) в принципе невозможна;
- возможность изменения и регулирования мощности передатчика ВОРЛ в соответствии с расстоянием до самолета, с которым идет общение;
- возможность изменения и регулирования частоты следования запросных кодов. Например, для самолета в зоне аэродрома частота запросов может быть увеличена;
- увеличивается количество кодов идентификации самолетов – адрес воздушного судна состоит из 24 бит (16777216 вариантов адресов), присваивается каждому ВС на международной основе и является уникальным именем ВС

Система с технологией ADS-B. АЗН-В (автоматическое зависимое наблюдение-вещание, англ. ADS-B — Automatic dependent surveillance-broadcast) — технология, позволяющая и лётчикам в кабине самолета, и авиадиспетчерам на наземном пункте наблюдать движение воздушных судов с большей точностью, чем это было доступно ранее, и получать аэронавигационную информацию. АЗН-В базируется на системе GPS (не обязательно, достаточно IRS) для определения точных координат воздушного судна в пространстве.

Оборудованное АЗН-В транспондером воздушное судно передаёт всем свои координаты месторасположения в течение всего полёта, вместе с другими данными,

такими как курс, высота, горизонтальная и вертикальная скорость. Приемники АЗН-В, встроенные в авиадиспетчерские системы контроля воздушного движения, а также установленные на борту воздушного судна, обеспечивают точное отображение на экране РЛС движения воздушных судов, оборудованных АЗН-В, как в небе, так на земле.

В настоящее время система наблюдения в Казахстане включает 48 радиолокационных комплексов (далее - РЛК) различного назначения. Данные комплексы включают в себя первичные радиолокаторы, вторичные РЛС режима S и станции ADS-B. Однако существующие технические средства не решают проблему непрерывного мониторинга при полете и определения местонахождения при авариях и катастрофах малых воздушных судов гражданского назначения.

Исполнителями разрабатывается система мониторинга полета малых воздушных судов гражданского назначения, которая позволяет осуществлять следующие функции:

- Наблюдение за малыми воздушными судами в нижнем воздушном пространстве;
- Повышение безопасности полетов в воздушном пространстве;
- Минимизация времени обнаружения места аварийной посадки (катастрофы)
- Уменьшение зоны поиска при возникновении нештатных ситуаций;
- Удаленная идентификация воздушных объектов в диспетчерском центре;
- Выявление фактов несанкционированных полетов воздушных судов;
- Обеспечение контроля деятельности государственных и частных владельцев воздушных судов малой авиации.
- Технический контроль за парком малой авиации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сарайский Ю.Н., Алешков И.И. Аэронавигация. Часть I. Основы навигации и применение геотехнических средств: Учебное пособие.-СПб:СПбГУГА, 2010
- 2 Самолетовождение. Черный М. А., Кораблин В. И. Изд-во Транспорт», 1973 г., 368 с.

REFERENCES

- 1 Sarajskij YU.N., Aleshkov I.I. Aehronavigaciya. CHast' I. Osnovy navigacii i primenenie geotekhnicheskikh sredstv: Uchebnoe posobie.-SPb:SPbGUGA, 2010
- 2 Samoletovozhdenie. CHernyj M. A., Korablin V. I. Izd-vo Transport», 1973 g., 368 s.

НАҚТЫ УАҚЫТ РЕЖИМІНДЕ ӘУЕ КЕМЕЛЕРІН ҚАДАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІ МЕН ӘДІСТЕМЕЛЕРІ

Айтмагамбетов А.З., Еремін Д.И., Жаксыгулова Д.Г.

«Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада әуе кемелерін нақты уақыт режимінде қадағалау әдістері мен әдістері берілген. Әуе кемелерінің ұшу траекториясын бақылайтын жердегі радиоэлектрондық құралдарды талдау жүргізіледі. Ұшу режимінде әуе кемесінің орналасуын анықтау әдістерінің принциптері сипатталады, мысалы, соқтығысуды болдырмау және навигациялық радиолокациялық станция, жақын навигациядағы радионавигациялық жүйе, доплер автономды навигациялық жүйе, алғашқы радарлар, S режиміндегі қайталама радарлары және ADS-B технологиялы жүйе. Азаматтық кіші әуе кемелерінің ұшуын мониторингтеу жүйесінің негізгі функциялары анықталған.

Кілттік сөздер: ұшу траекториясының мониторингі, мониторинг, шағын ұшақтар, ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе, спутниктік байланыс.

METHODS AND METHODOLOGIES FOR TRACKING AIRCRAFT IN REAL TIME

A.Aitmagambetov, D.Yeryomin, D.Zhaxygulova

AALR «Institute of Space Technique and Technology», Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article presents methods and methodologies for tracking aircraft in real time. The analysis of terrestrial radio-electronic means for control of flight trajectories of aircrafts is carried out. The principles of operation of methods for determining the location of an aircraft in flight mode are described, such as collision avoidance and navigation radar, a radio navigation system in near navigation, a doppler autonomous navigation system, primary radars, secondary mode S radars and a system with ADS-B technology. The main functions of the developed monitoring system for the flight of small civil aircraft are given.

Keywords: monitoring of flight trajectory, monitoring, small aircraft, global navigation satellite system, satellite communication

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.7: 656.2

М.Д.Зальцман, Ш.А.Абдрешов, А.М.Махимова

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева,
г.Алматы, Казахстан

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ

Аннотация. При оценке воздействия электромагнитных полей на обслуживающий персонал предприятий железнодорожного транспорта наибольшую проблему представляет инструментальный контроль уровня электромагнитных излучений, осложняющийся многочисленностью источников и разнообразием видов ЭМИ, обуславливающих использования сертифицированных приборов для измерения напряженности электростатических полей, постоянных магнитных полей, магнитных и электрических полей промышленной частоты и радиочастотного диапазона.

Ключевые слова: охрана и безопасность труда, аттестация рабочих мест, инвентаризация источников и инструментальный контроль уровня электромагнитных излучений.

При проведении аттестации рабочих мест (РМ) наименее исследованной и наиболее сложной является оценка воздействия электромагнитного излучения (ЭМИ) или электромагнитного поля (ЭМП) на обслуживающий персонал (ОП). Кроме того, экологическая обстановка в зоне железных дорог характеризуется влиянием ЭМП, обусловленных прохождением тока в проводах высоковольтных и низковольтных сетей электроснабжения и тяговой сети, значительным спектром гармоник этих токов, мощными электромагнитными переходными процессами в режимах включения - отключения тяги и рекуперации, регулирования скорости движения в аварийных режимах (короткие замыкания, грозовые разряды и т.д.). Существенную долю ЭМИ высокочастотного диапазона вносит эксплуатация различных систем телемеханики и средств радиосвязи. Оценка воздействия ЭМП на окружающую среду (ОС) и ОП затруднена многочисленностью источников и разнообразием видов ЭМИ и может быть проведена только на основе инвентаризации и всестороннего исследования источников ЭМИ.

В 2006г по заказу АО “НК КТЖ” в КазАТК была разработана методика инвентаризации источников ЭМИ объектов железнодорожного транспорта [1], основные положения которой были опубликованы в журнале «Вестник КазАТК» [2]. Инвентаризация источников ЭМИ должна проводится на основе проектной документации, имеющейся на предприятиях, паспортов силового электрического оборудования, данных государственной статистической отчетности и прямых замеров ЭМП. Вся полученная информация оформляется в виде шести таблиц [1]. Используя данные, полученные в результате инвентаризации источников ЭМИ линейных предприятий, соответствующие службы вышестоящих организаций, составляя сводные таблицы, могут оценить масштабы

электромагнитного загрязнения на железнодорожном транспорте. Однако при проведении инвентаризации источников ЭМП и проведении аттестации рабочих мест наибольшую сложность представляет инструментальный контроль уровня ЭМИ каждого источника.

В Российской Федерации [3] определены основные объекты инвентаризации ЭМИ на железнодорожном транспорте:

а) Устройства автономной и электрической тяги:

- * все типы высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП);
- * тяговые подстанции (вводы от питающей энергосистемы, распреустройства 3, 6, 10 и 27,5 кВ, преобразователи, питающие и отсасывающие фидера контактной сети);
- * автотрансформаторные пункты, посты секционирования, пункты группировки разъединителей контактной сети, комплектные трансформаторные подстанции и пр.;
- * тяговая сеть (провода контактной сети, питающие, усиливающие и экранирующие провода, тяговая рельсовая сеть, заземляющие провода устройств тягового электроснабжения);
- * линии электроснабжения (и трансформаторные пункты) не тяговых потребителей;
- * система централизованного (от контактной сети) отопления пассажирских поездов.

б) Подвижной состав:

- * электровагоны (кабина, высоковольтная камера, крыша);
- * электропоезда (кабина, салон вагона моторного и прицепного, крыша);
- * пассажирский вагон (салон, пульт электрооборудования, преобразователь централизованного отопления);

в) Источники низкочастотного и высокочастотного радиоизлучения

Аппаратура электрической централизации:

- * обычная;
- * электронная;
- * напольная.

Средства автоматической локомотивной сигнализации:

- * непрерывного типа;
- * точечного типа;

Устройства передачи данных:

- * НЧ, с несущей частотой, КИМ;
- * телеграфные;
- * телемеханические.

Телефонные, радио- и электроакустические устройства:

- * железнодорожные АТС;
- * поездная радиосвязь;
- * перегонная связь;
- * маневровая радиосвязь;
- * радиосвязь с ремонтниками на автомобилях;

- * железнодорожная почтовая радиосвязь;
- * коммутаторы широкополосной связи;
- * электроакустическая связь в поезде;
- * радиорелейная связь.

Большие ЭВМ:

- * компьютеры.

Часовые устройства.

При этом разработчики исходят из того, что в зоне действия ЭМП постоянно или периодически находятся:

- * обслуживающий персонал железных дорог (электромонтеры контактной сети, путейцы, СЦБисты, связисты, машинисты, составители, операторы, работающие с ЭВМ, компьютерами и др.;
- * люди, пользующиеся железнодорожным транспортом (пассажиры);
- * люди, проживающие или работающие вблизи электрифицированных железных дорог (население).

При оценке ЭМП все РМ предприятий железнодорожного транспорта можно условно разбить на 3 категории: 1) инженерно-технические работники (ИТР) и административно-управленческий персонал (АУП), 2) массовые рабочие специальности (МРС), 3) машинисты (М) и помощники машинистов (ПМ) локомотивов. Параметры ЭМП РМ первых двух категорий мало, чем отличаются от РМ других производственных предприятий. На РМ ИТР и АУП источниками ЭМП в основном являются персональные компьютеры (ПК) с непрерывным режимом работы, оценка ЭМП которых проводилась в соответствии с Приказом Министра национальной экономики Республики Казахстан от 21 января 2015 года № 38 «Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям работы с источниками физических факторов (компьютеры и видеотерминалы), оказывающих воздействие на человека"» [4].

На экране ПК устанавливается типичное для данного вида работы изображение (текст, графики). При проведении измерений включается вся вычислительная техника, ПК и другое используемое для работы электрооборудование, размещенное в данном помещении. Измерения параметров электростатического поля проводится не ранее, чем через 20 минут после включения ПК. Измерение уровней переменных электрических и магнитных полей, статических электрических полей на РМ, оборудованном ПК, производится на трех уровнях на высоте 0,5 м, 1,0 м и 1,5 м на РМ, включая монитор, клавиатуру и мышь. Контрольное расстояние на уровне рук - 1,0 см. Если на обследуемом рабочем месте, оборудованном ПК, интенсивность электрического и/или магнитного поля в диапазоне 5 - 2000 Гц превышает значения, приведенные в таблице 1, проводятся измерения фоновых уровней ЭМП промышленной частоты (при выключенном оборудовании). Фоновый уровень электрического поля частотой 50 Гц и фоновые уровни напряженности магнитного поля не должны превышать значений соответственно 0,5 кВ/м, и 0,16 А/м (0,2 мкТл) [4].

Таблица 1 - Допустимые значения уровней неионизирующих ЭМИ на РМ ИТР и АУП

Table 1 - Allowable values of the levels of non-ionizing EMP at the PM of the ITR and AUP

Наименование параметров	Допустимое значение
Напряженность электростатического поля	20 кВ/м
Напряженность электрического поля вокруг ПК: в диапазоне частот 5 - 2000 Гц: в диапазоне частот 2 - 400 кГц:	25 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока вокруг ПК в диапазоне частот 5 -2000 Гц: в диапазоне частот 2-400 кГц:	250 нТл 25 нТл

На РМ МРС электромагнитное излучение может практически отсутствовать или создаваться контактной сетью и технологическим оборудованием, работающим на частоте 50 Гц. Поэтому измерения напряженности ЭМП проводились в соответствии с СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля» [5], устанавливающим предельно допустимые уровни напряженности электрического (ЭП) и магнитного полей (МП) частотой 50 Гц для персонала, обслуживающего электроустановки и находящегося в зоне влияния создаваемого ими ЭМП, в зависимости от времени пребывания в ЭМП.

Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м. Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня. При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин. Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. Приведенное время не должно превышать 8 ч.

Допустимая напряженность ЭМП в интервале 5-25 кВ/м определяется по формуле:

$$E_{\partial y} = \frac{50}{T_{\text{факт}} + 2}, \text{кВ/м} \quad (1)$$

Допустимое время пребывания в ЭП напряженностью свыше 5 до 20 кВ/м включительно вычисляют по формуле

$$T = \frac{50}{E_{\text{факт}}} - 2, \text{ ч} \quad (2)$$

где T - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

E - напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

При нахождении персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП время пребывания вычисляют по формуле

$$T_{\text{пр}} = 8 \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} \right) + \left(\frac{t_{E2}}{T_{E2}} \right) + \dots + \left(\frac{t_{En}}{T_{En}} \right) \quad (3)$$

где $T_{\text{пр}}$ — приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;

$t_{E1}, t_{E2}, \dots, t_{En}$ - время пребывания в контролируемых зонах с напряженностью $E_1, E_2, \dots, E_n$, ч;

$T_{E1}, T_{E2}, \dots, T_{En}$ - допустимое время пребывания в ЭП для соответствующих контролируемых зон, ч.

Воздействие МП частотой 50 Гц на работающих может быть непрерывным или прерывистым. Основными параметрами его являются: величина напряженности МП (амплитудное значение), длительность импульса ($t_{\text{и}}$), длительность паузы между импульсами ($t_{\text{п}}$), общее время воздействия (T).

В соответствии с различной биологической активностью выделяются 3 вида воздействия МП:

непрерывные и прерывистые с $t_{\text{и}} \geq 0,02 \text{ с}$, $t_{\text{п}} \leq 2 \text{ с}$; $t_{\text{и}} > 60 \text{ с}$;

прерывистые с $60 \text{ с} \geq t_{\text{и}} \geq 1 \text{ с}$, $t_{\text{п}} > 2 \text{ с}$;

прерывистые с $1 \text{ с} > t_{\text{и}} \geq 0,02$, $t_{\text{п}} > 2 \text{ с}$.

Допустимые уровни напряженности МП (амплитудные значения) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимые уровни напряженности МП (амплитудные значения)

Table 2 – Permissible levels of strength of MP (amplitude values)

Время пребывания, ч	Напряженность магнитного поля, кА/м		
	Непрерывное и прерывистое МП с $t_{\text{ти}} \geq 0,02$ с, $t_{\text{п}} \leq 2$ с.	Прерывистое МП с $1 \text{ с} > t_{\text{ти}} \geq 0,02$, $t_{\text{п}} > 2$ с.	Прерывистое МП с $1 \text{ с} > t_{\text{ти}} \geq 0,02$, $t_{\text{п}} > 2$ с.
До 1,0 (включительно)	6,0	8,0	10,0
	5,5	7,5	9,5
2,0	4,9	6,9	8,9
2,5	4,5	6,5	8,5
3,0	4,0	6,0	8,0
3,5	3,6	5,6	7,6
4,0	3,2	5,2	7,2
4,5	2,9	4,9	6,9
5,0	2,5	4,5	6,5
5,5	2,3	4,3	6,3
6,0	2,0	4,0	6,0
6,5	1,8	3,8	5,8
7,0	1,6	3,6	5,6
7,5	1,5	3,5	5,5
8,0	1,4	3,4	5,4

В соответствии с ГОСТ 31428-2011 «Тепловозы маневровые с электрической передачей»[6] и ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные»[7] наибольшую сложность представляет инструментальный контроль на РМ М и ПМ локомотивов (таблица 3).

Таблица 3 – Нормативы ЭМП на РМ М и ПМ

Table 3 – EMF standards for PMM and PM

Наименование показателя	Значение показателя
Переменные магнитные поля промышленной частоты (50 Гц)	
Напряженность магнитного поля, А/м, или магнитная индукция, мкТл, не более	80 100
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	
Напряженность, кВ/м, не более	5
Постоянные магнитные поля:	
Напряженность, кА/м, не более	8
Радиочастотный (РЧ) диапазон	
Напряженность электрического поля, В/м, в диапазоне РЧ	
от 0,03 до 3 МГц, не более	50
от 3 до 30 МГц, не более	30
от 30 до 300 МГц, не более	10
Напряженность магнитного поля, Н, А/м, в диапазоне РЧ	
от 0,03 до 3 МГц, не более	5,0
от 30 до 50 МГц, не более	0,3
Электростатическое поле:	
Напряженность, кВ/м, не более	20

Вывод: При оценке воздействия электромагнитных полей на обслуживающий персонал предприятий железнодорожного транспорта наибольшую проблему представляет инструментальный контроль уровня электромагнитных излучений осложняющийся многочисленностью источников и разнообразием видов ЭМИ, обуславливающих использования сертифицированных приборов для измерения напряженности электростатических полей, постоянных магнитных полей, магнитных и электрических полей промышленной частоты и радиочастотного диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Зальцман М.Д. Методика по проведению инвентаризации источников электромагнитных излучений объектов железнодорожного транспорта./ Алматы: КазАТК, 2006г, 49 с.

[2] Зальцман М.Д. Методика инвентаризации источников электромагнитных излучений предприятий железнодорожного транспорта. // Вестник КазАТК, 2006, №5 (42), С. 174-178.

[3] Косарев А.Б., Наумов А.В., Наумов А.А. Методология инвентаризации источников электромагнитного излучения и методика измерений уровней электромагнитных полей на железнодорожном транспорте./ Тр. ВНИИЖТ, (вып. № 127), 2005, С.6-12.

[4] Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 21 января 2015 года № 38. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 13 марта 2015 года № 10428 «Об утверждении Санитарных правил "Санитарно-

эпидемиологические требования к условиям работы с источниками физических факторов (компьютеры и видеотерминалы), оказывающих воздействие на человека"».

[5] СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля».

[6] ГОСТ 31428-2011 «Тепловозы маневровые с электрической передачей».

[7] ГОСТ 31187-2011 «Тепловозы магистральные».

REFERENCES

[1] Zaltsman M.D. Metodika po provedeniyu inventarizacii istochnikov ehlektromagnitnyh izluchenij ob"ektov zheleznodorozhnogo transporta [In Russian: Methodology for conducting an inventory of electromagnetic radiation sources for railway transport facilities]/ Almaty: KazatK, 2006, 49 p.

[2] Zaltsman M.D. Metodika inventarizacii istochnikov ehlektromagnitnyh izluchenij predpriyatij zheleznodorozhnogo transporta [In Russian: Method of inventory of electromagnetic radiation sources of railway transport enterprises]. / Bulletin of KazATK, 2006, No. 5 (42), pp. 174-178.

[3] Kosarev A.B., Naumov A.V., Naumov A.A. Metodologiya inventarizacii istochnikov ehlektromagnitnogo izlucheniya i metodika izmerenij urovnej ehlektromagnitnyh polej na zheleznodorozhnom transporte [In Russian: Methodology of the inventory of electromagnetic radiation sources and methods for measuring the levels of electromagnetic fields in railway transport] // Tr. VNIURT, (issue No. 127), 2005, pp. 6-12.

[4] Ob utverzhdenii Sanitarnyh pravil "Sanitarno-ehpidemiologicheskie trebovaniya k usloviyam raboty s istochnikami fizicheskikh faktorov (komp'yutery i videoterminaly), okazyvayushchih vozdeystvie na cheloveka" transporte [In Russian: Order No. 38 of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan from 21 of January, 2015. Registered in the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on March 13, 2015 No. 10428 "On the Approval of Sanitary Rules" Sanitary-epidemiological requirements for working with sources of physical factors (computers and video terminals), which is impacts on people""]].

[5] ST RK 1150-2002 EHlektromagnitnye polya promyshlennoj chastoty. Dopustimye urovni napryazhennosti i trebovaniya k provedeniyu kontrolya [In Russian: "Electromagnetic fields of industrial frequency. Permissible levels of tension and requirements for monitoring"]].

[6] GOST 31428-2011 Teplovozy manevrovye s ehlektricheskoy peredachej [In Russian: "Shunting locomotives with electrical transmission"]].

[7] GOST 31187-2011 Teplovozy magistral'nye [In Russian: "Mainline diesel locomotives"]].

ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫН АТТЕСТАЦИЯЛАУ БОЙЫНША ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК СӘУЛЕ ДЕНГЕЙІН БАҚЫЛАУДЫ ҰЙЫМДАСТЫРУ

М.Д.Зальцман, Ш.А.Абдрешов, А.М.Махимова

М.Тынышпаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қаласы,

Аңдатпа. Темір жол кәсіпорындарының қызметкерлеріне электромагниттік өрістің әсерін бағалау кезінде ең үлкен проблема – ЭМС түрлері мен санының көптігімен қиындататын электромагниттік сәулелену деңгейінің өлшемдерінің бақылануы, өндірістік жиіліктің және радиожіліктік диапазонның электромагниттік өрістерін, тұрақты магниттік өрістерін, магниттік және электрлік өрістерінің кернеуін өлшеу үшін сертификатталған аспаптарды пайдалануды тудырады.

Түйінді сөздер: Еңбекті қорғау және қауіпсіздік, жұмыс орындарын аттестаттау, көздерін инвентаризациялау және электромагниттік сәуле деңгейін бақылау.

ORGANIZATION OF CONTROL OF ELECTROMAGNETIC RADIATIONS IN ATTESTATION OF WORKPLACES

Zaltsman M.D, Abdreshov Sh.A., Makhimova A.M.

Kazakh Academy of Transport and Communications M. Tynyshpaeva, Almaty,
Kazakhstan, m_zaltcman@mail.ru

Abstract. By conducting certification of workplaces, the least investigated and most difficult is the assessment of the effect of electromagnetic radiation on maintenance personnel. The ecological situation in the zone of railways is characterized by the influence of electromagnetic radiation caused by the passage of current in the wires of high-voltage and low-voltage power supply networks and traction networks. The assessment of the effect of electromagnetic radiation on the environment and maintenance personnel is hampered by the numerous sources and the variety of types of electromagnetic radiation and can be carried out only on the basis of an inventory and a comprehensive study of sources of electromagnetic radiation.

Keywords: labor protection and safety, attestation of workplaces, inventory of sources and instrumental control of the level of electromagnetic radiation

In 2006, according to the order of JSC "NC KR" in KazATC, was developed the method of inventorying the sources of electromagnetic radiation of railway transport facilities. Inventory of sources of electromagnetic radiation should be carried out on the basis of project documentation available at enterprises, passports of power electrical equipment, state statistical reporting data and direct measurements of the electromagnetic field. Using the data obtained as a result of the inventory of electromagnetic radiation sources of linear enterprises, the corresponding services of higher organizations, compiling summary tables, can estimate the scale of electromagnetic pollution in railway transport.

The article presents the most characteristic points for measuring the parameters of the electromagnetic field at railway transport facilities and the normative permissible levels of non-ionizing electromagnetic radiation at workplaces of engineers and technicians, administrative and management personnel, mass working specialties, machinists and locomotive drivers' assistants.

Conclusion: While effect of electromagnetic fields on the personnel of railway transport enterprises evaluates, the greatest problem is the instrumental control of the level of electromagnetic radiation complicated by the abundance of sources and the variety of EM types that cause the use of certified instruments for measuring the intensity of electrostatic fields, permanent magnetic fields, magnetic and electric fields of industrial frequency and radio frequency range.

МРНТИ 87.33.31

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.

ДТОО «Институт космической техники и технологий», г.Алматы, Казахстан

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОРЕННЫХ ОЗЕР

Аннотация. В статье рассматривается система мониторинга состояния моренных озёр с использованием космических технологий связи. Приведена информация о текущем состоянии селевых проявлений и моренных озёр на территории Казахстана. Разработана архитектура системы мониторинга моренных озёр, которая состоит из 3-х подсистем, такие как терминал сбора и передачи данных, центр обработки данных и диспетчерский центр, а также описаны функциональные задачи, критерии отказа и другие требования перечисленных подсистем.

Ключевые слова: мониторинг моренных озёр, моренные озера, селеопасные объекты, сель, датчики.

По активности и мощности селевых проявлений Казахстан занимает одно из первых мест в СНГ – около 15% территории республики (164 тыс.км²) являются зонами формирования и разрушительного воздействия этого опасного вида экзогенных процессов. Здесь расположено 2700 ледников, 596 моренных и ледниковых озёр, в 300 селевых бассейнах насчитывается 5650 селевых очагов, свыше 1000 из которых непосредственно угрожают 156 населённым пунктам, более 6000 объектам хозяйствования и 150 тысячам населения.

За последние 40-50 лет, площади преледниковых морен увеличились в среднем, в 4,5 раза. Максимальная величина приращения свежих морен (в 5,2 раза), отмечена в бассейнах рек Шарын и Текес, а минимальная – для рек южного склона Жетысу Алатау (в 3,8 раза). Можно с уверенностью констатировать, утверждают казахстанские гляциологи, что в середине XXI века свежие морены по площади значительно превысят площадь ближайших ледников. Это обстоятельство увеличивает возможность гляциального селеобразования.

В результате, в высокогорных зонах не только наблюдаются процессы, рассмотренные выше, но и значительно возрастает вероятность выпадения жидких осадков в зоне современных морен и ледников, то есть увеличивается возможность формирования селевых потоков ливневого генезиса.

К стационарным мореным озерам относятся котловины, постоянно заполненные талыми ледниковыми водами. Уровень наполнения водой зависит от времени года и состояния грунтов морен. В зимний период поверхность озёр покрывается значительным по мощности льдом и происходит снижение уровня и объема воды в озерных котловинах за счет фильтрации ее в грунты морен. В этом случае в начале лета (июнь) в озере находится минимальный объем воды. С наступлением периода интенсивного таяния ледников (абляция) в июне-июле месяцах, озерные котловины наполняются водой до максимальных отметок, а их прорывная опасность возрастает до максимума.

В целях обеспечения защиты населения, хозяйственных объектов и территории страны от селевых потоков застроены плотины и противоселевые барьеры, диспетчерские посты и регулярно производятся аэровизуальные обследования. Однако эти мероприятия недостаточны в селеопасные периоды, т.к. скорость селевого потока достигает 10-15 м/с, а высота достигает до 10 м. Прогнозирование и предупреждение катастрофических паводков и селей усложняется несвоевременным информированием о чрезвычайных природных событиях и влияющих на них факторах. Накопление необходимого объема данных измерений параметров окружающей среды, предшествующих возникновению

катастрофических природных явлений, позволит в будущем определить их причину и заранее спрогнозировать подобные природные явления. Например, мониторинг уровня горных (завальных, ледниковых, моренных) озер позволит вычислить время перелива и принять превентивные меры.

Исполнителями разрабатывается система мониторинга состояния моренных озер, обеспечивающая передачу оперативной информации о текущем состоянии моренного озера с использованием необходимых датчиков. Система мониторинга состояния моренных озер должна состоять из следующих подсистем:

- Терминал сбора и передачи данных;
- Центр обработки данных;
- Диспетчерский центр.

На рисунке 1 представлена архитектура системы мониторинга состояния моренных озер с использованием космических технологий связи.

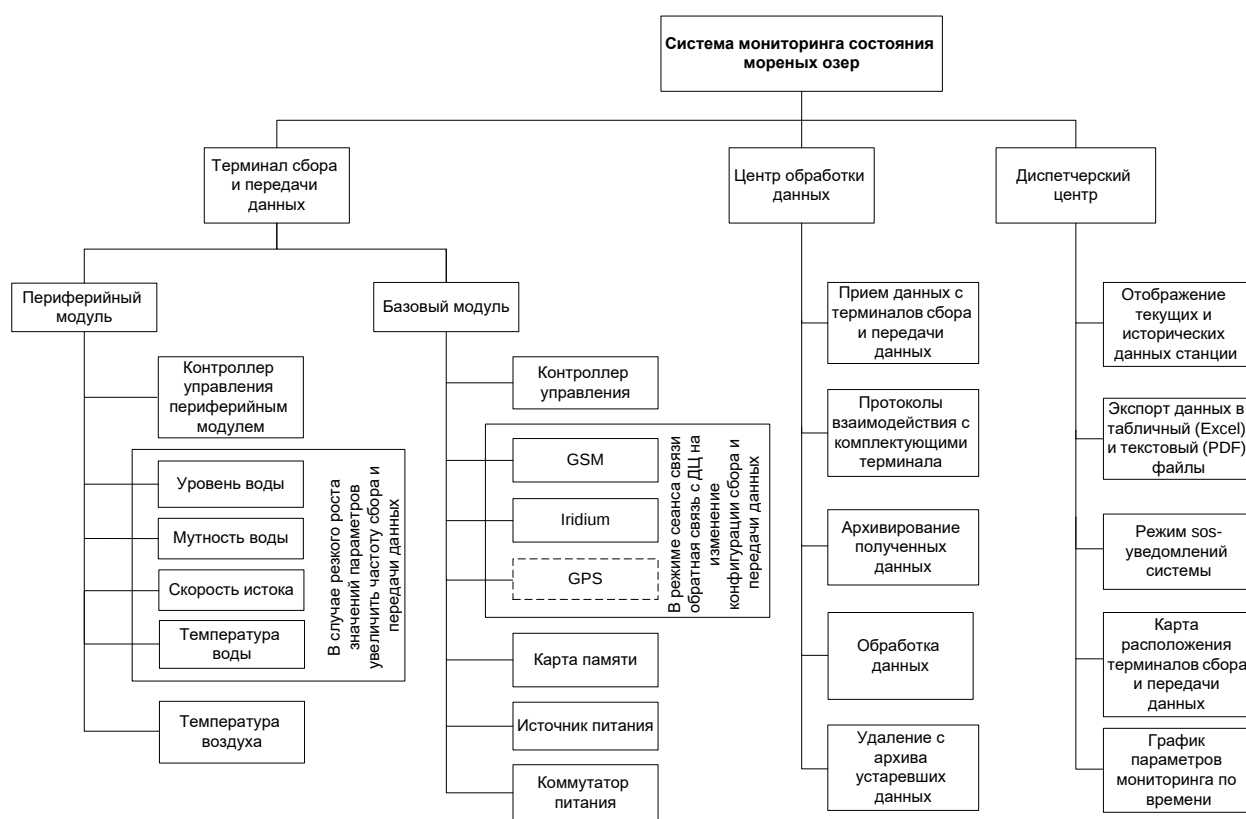


Рисунок 1 – Архитектура системы мониторинга состояния моренных озер

Терминал сбора и передачи данных обеспечивает измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков подключенных к периферийному модулю, автоматизированный сбор данных с датчиков в базовом модуле, и передачу данных с использованием спутниковых систем связи, в случае отсутствия мобильной сотовой связи.

Терминал сбора и передачи данных должен выполнять следующие функции:

- Измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков;
- Сбор данных с датчиков периферийного модуля;
- Передача в базовый модуль;
- Хранение данных на карте памяти;

- Обеспечение электропитанием комплектующих терминала сбора и передачи данных;
- Определение текущего местоположение с использованием глобальной навигационной спутниковой системы GPS/Глонасс;
- Передача данных по каналам GSM;
- Передача данных по каналам мобильной спутниковой связи Iridium.

Терминал сбора и передачи данных должна состоять из 2-х модулей аппаратно-программных устройств:

- Базовый модуль;
- Периферийный модуль.

Базовый модуль терминала сбора и передачи данных состоит из следующих комплектующих:

- Контроллер управления;
- Модуль мобильной сотовой связи GSM;
- Модуль мобильной спутниковой связи Iridium;
- Модуль глобальной навигационной спутниковой системы GPS/Глонасс;
- Карта памяти;
- Аккумулятор;
- Коммутатор питания.

Периферийный модуль терминала сбора и передачи данных состоит из следующих комплектующих:

- Контроллер управления периферийным модулем;
- Датчик уровня воды;
- Датчик мутности воды;
- Датчик скорости истока;
- Датчик температуры воды;
- Датчик температуры воздуха.

В случае резкого роста значений параметров датчиков системы мониторинга состояния моренных озер увеличить периодичность сбора и передачи данных.

На выходе терминала сбора и передачи данных должны передаваться текущие данные, структура которых имеет следующий вид: [Дата|Время|ID-терминала|Координаты|Значения датчиков|Состояние блока питания|Контрольная сумма пакета данных]. Период передачи данных по умолчанию 1 раз в 30 минут. Частота передачи данных может увеличиться в случае достижения критических порогов основных параметров мониторинга. Возможна функция изменения конфигурации сбора и передачи данных в режиме сеанса связи с диспетчерского центра по запросу диспетчера.

Критерием отказа терминала является отсутствие или ошибочный сбор данных от периферийного модуля в базовый модуль, и отсутствие отправки данных в ЦОД, а также поврежденная структура пакета данных (потеря целостности). Проверять на целостность при помощи CRC (Циклический избыточный код) при передаче пакетов на сервер.

Центр обработки данных должен обеспечивать непрерывный и параллельный во времени прием данных о состоянии объектов наблюдения с терминала сбора и передачи данных и предоставление обработанных данных в диспетчерский центр.

Центр обработки данных должен выполнять следующие функции:

- Прием данных с терминала сбора и передачи данных;
- Проверка и контроль качества данных;
- Запросная выгрузка файлов данных на серверы диспетчерского центра;
- Архивирование полученных данных;

- Индивидуальное конфигурирование процесса сбора данных для каждого терминала;

- Контроль состояния каждого терминала;
- Обработка данных;
- Удаление с архива устаревших данных.

Данные записываются в архив по ID-терминала сбора и передачи данных, дате и времени, соответствующим телеметрическим и навигационным данным.

Критерием отказа является потеря или искажение (нарушение целостности) хранимых данных. Для снижения вероятности потери данных должно быть применено резервное копирование, т.е. дублированное хранение данных.

Диспетчерский центр предназначен для обеспечения визуального отображения текущих данных о состоянии объектов наблюдения диспетчеру.

Диспетчерский центр должен выполнять следующие функции:

- Авторизация пользователя;
- Отображать список терминалов в соответствии с доступом пользователя;
- Отображать список датчиков терминала и их показаний в соответствии с доступом пользователя;
- Отображать текущие и исторические данные терминалов в соответствии с доступом пользователя;
- Экспорт данных в табличный (excel) и текстовый (pdf) файлы;
- Отображать на карте местоположение терминалов;
- Строить маршрут перемещения объекта, согласно информации из базы данных;
- Изменять масштаб карты;
- Отображать SOS-уведомления Системы мониторинга путем звукового сопровождения и графических вставок;
- Строить график показаний датчиков мониторинга;
- Запрос диспетчера в ЦОД на изменение конфигурации через интерфейс управления конфигурацией режимов работы объектов автоматизации.

Выходные данные диспетчерского центра должны отображать текущие данные терминала на рабочих станциях персонала диспетчерского центра, с возможностью вывода исторических данных по выбранному терминалу системы мониторинга состояния мореных озёр. По запросу диспетчера возможны функции экспорта данных в удобный для пользователя офлайн формат и построения графика выбранного параметра мониторинга по времени. В критических случаях автоматически уведомлять сотрудников и ответственных лиц посредством визуально-звукового сигнала и сообщений по электронной почте и смс-уведомлению соответственно. Критерием отказа является некорректное представление данных и расчета кривых графика параметров мониторинга.

Реализация и внедрение системы мониторинга мореных озёр имеет важное социальное значение, поскольку реализует возможность непрерывного мониторинга состояния селеопасных объектов и оповещения органов управления и ЧС о возникновении, обнаружении, развитии и оценке потенциального ущерба селевой опасности в режиме реального времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Замай В.И. Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –<http://xn----ptbgks9a.kz/opasnosti/sel/item/305-v-i-zamaj-problemy-monitoringa-selevoj-opasnosti-gornyx-rajonov-kazakhstan> - Дата доступа 03.04.2018.

2 Материалы из «Плана подготовленности Казахстана к природным катастрофам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://xn---ptbgks9a.kz/opasnosti/obshchie-svedeniya/item/10-materialy-iz-plana-podgotovlennosti-kazakhstana-k-prirodnym-katastrofam> – Дата доступа 05.04.2018.

REFERENCES

1 Zamaj V.I. Problemy monitoringa selevoj opasnosti gornyh rajonov Kazakhstana [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: –<http://xn---ptbgks9a.kz/opasnosti/sel/item/305-v-i-zamaj-problemy-monitoringa-selevoj-opasnosti-gornyx-rajonov-kazakhstana> - Data dostupa 03.04.2018.

2 Materialy iz «Plana podgotovlennosti Kazakhstana k prirodnyh katastrofam» [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: – <http://xn---ptbgks9a.kz/opasnosti/obshchie-svedeniya/item/10-materialy-iz-plana-podgotovlennosti-kazakhstana-k-prirodnym-katastrofam> – Data dostupa 05.04.2018.

МОРЕНА КӨЛДЕРІНІҢ КҮЙІН МОНИТОРИНГТЕУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.

«Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЕЖШС, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада ғарыштық байланыс технологияларын қолданатын морена көлдерінің күйін мониторинг жүргізу жүйесі қарастырылған. Қазақстан аумағында сел және морена көлдерінің қазіргі күйі туралы ақпарат ұсынылған. Деректерді жинау және жіберу терминалы, деректерді өңдеу орталығы және диспетчерлік орталық сияқты үш ішкі жүйеден тұратын морена көлінің мониторингі жүйесінің құрылымы әзірленді және аталған ішкі жүйелердің функционалдық міндеттері, іркіліс критерийлері және басқа да талаптарын сипатталады.

Кілттік сөздер: морена көлдерін мониторингтеу, морена көлдері, сел қауіпті объектілер, сел, датчиктер

THE ARCHITECTURE OF MORaine LAKES MONITORING SYSTEM

D.Akhmedov, D.Yeryomin, D.Zhaxygulova

AALR «Institute of Space Technique and Technology», Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article deals with a monitoring system for the condition of moraine lakes using space communication technologies. The information on the current state of mudflow manifestations and moraine lakes in the territory of Kazakhstan is provided. The architecture of moraine lakes monitoring system is developed, which consists of 3 subsystems, such as a data collection and transmission terminal, a data processing center and a dispatch center, and describes the functional tasks, failure criteria and other requirements of the subsystems listed.

Keywords: monitoring of moraine lakes, moraine lakes, sulphurous objects, mudflow, sensors

ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

М.Ж. Жантурин, К.Т. Тергемес

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПО ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. Для приобретения знаний основ электробезопасности, изучения правил предупреждения производственного электротравматизма, пожаров и аварий электроустановок и электрических сетей на производстве, а также техники безопасности при их монтаже и эксплуатации в прошлом учебном году кафедра ЭВИЭ ввела в учебные планы студентов специальностей 5В071800 – Электроэнергетика и 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства дисциплину Техника безопасности в электроустановках.

В связи с этим были приобретены, смонтированы и запущены в учебный процесс два комплекта учебно-лабораторного комплекса по электробезопасности. Приведены устройство, комплектация, описание основных узлов а также сведения по выполняемым работам.

Ключевые слова: учебный процесс, техника безопасности в электроустановках, комплект учебно-лабораторного оборудования, измерение и эксперимент.

Энергетика играет особую роль не только в топливно-энергетическом комплексе, но и в экономике любой страны, в том числе и Казахстана. В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережали темпы развития других отраслей. Особое место занимает электроэнергетика. Представить себе жизнь без [электрической](#) энергии уже невозможно. Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос, наш быт

Современные темпы развития техники и технологий диктует необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов.. От квалификации инженерного корпуса непосредственным образом зависят темпы научно-технического прогресса, рост производства, авторитет страны на международной арене. Поэтому, подготовка инженерных кадров, в том числе электроэнергетических специальностей, является одной из определяющих будущее страны на многие годы.

Алматинский университет энергетики и связи (АУЭС) — один из ВУЗов в Казахстане, готовящий высококлассных специалистов по энергетике, телекоммуникациям и IT-технологиям во всём регионе Средней Азии.

Кафедра Электроснабжения и возобновляемых источников энергии (ЭВИЭ) АУЭС производит подготовку и выпуск значительной части специалистов энергетического профиля. „3

„ Основными задачами подготовленных инженеров являются организация энергохозяйство производство контроль за состоянием электроустановок, обеспечение безопасного, надежного и стабильного функционирования энергетического комплекса Республики Казахстан.

Для приобретения знаний основ электробезопасности, изучения правил предупреждения производственного электротравматизма, пожаров и аварий электроустановок и электрических сетей на производстве, а также техники безопасности при их монтаже и эксплуатации в прошлом учебном году кафедра ЭВИЭ ввела в учебные

планы студентов специальностей 5В071800 – Электроэнергетика и 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства дисциплину Техника безопасности в электроустановках.

Внедрение нового курса потребовало учебно-методическое и лабораторное обеспечение. Самым сложным оказалась постановка лабораторных работ. В соответствии с Типовым положением об образовательном учреждении к основным видам учебных занятий наряду с другими отнесены лабораторные работы. Направленные на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки учащихся.

Ректорат АУЭС оказал помощь в приобретении двух лабораторных стендов и в начале 2018 года кафедра ЭВИЭ получила из научно-производственного предприятия «Учтех-Профи» г. Челябинска следующие стенды:

- 1 Типовой комплект учебного оборудования «Электробезопасность в электроустановках до 1000 В»;
- 2 Типовой комплект учебного оборудования «Электробезопасность в жилых и офисных помещениях».

Комплект учебного оборудования «Электробезопасность в электроустановках до 1000 В» предназначен для исследования опасности поражения человека электрическим током при прямом и косвенном прикосновении его к частям, находящимся под напряжением в электроустановках до 1000 В и изучения основных технических способов защиты (защитное зануление, защитное заземление, защитное отключение, двойная изоляция, электрическое разделение цепей, малое напряжение), исследования сопротивления участков тела человека, исследования явления растекания тока по поверхности грунта.

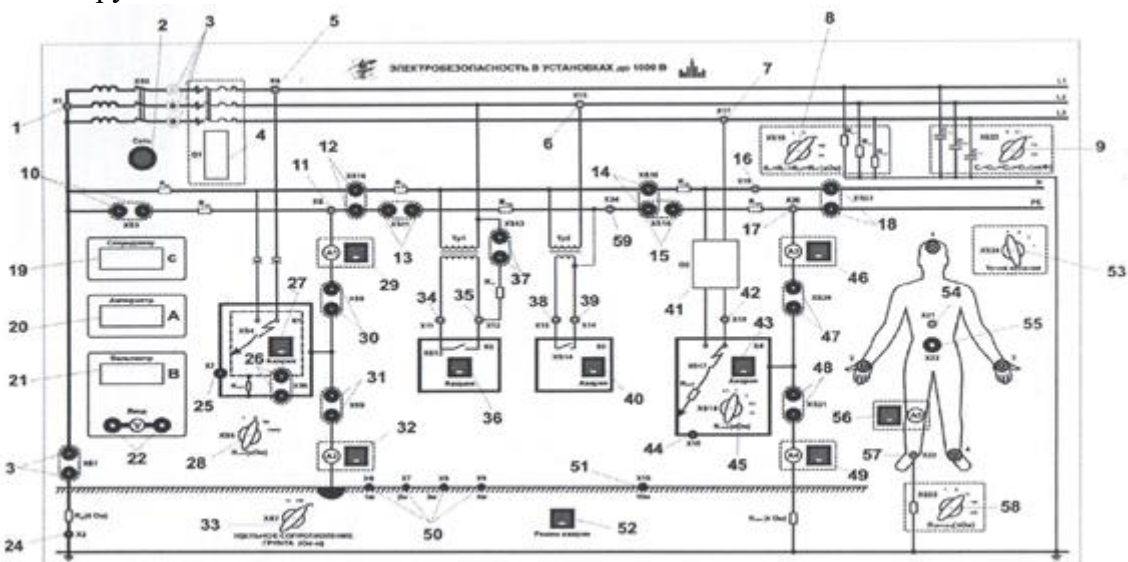


Рисунок 1 – Внешний вид лицевой панели стенда

Стенд выполнен в виде самостоятельного прибора, настольного исполнения. Он представляет собой модель трехфазной электрической сети, выполненную на низком, безопасном для обучаемых напряжении (рисунок 1).

Стенд позволяет изменять активные сопротивления изоляции и емкость фазных проводов сети относительно земли, удельное сопротивление грунта, сопротивление замыкания фазного провода на корпус в электроустановке, сопротивление обуви человека и пола.

Стенд оснащен встроенными приборами: цифровым вольтметром для измерения напряжений в сети, напряжений на корпусах приемников и на теле человека; цифровым амперметром для измерения токов замыкания в различных точках сети и тока через тело человека; секундомером для измерения времени срабатывания устройств защитного отключения. Показания приборов соответствуют значениям параметров в реальной сети.

В комплект входят также соединительные провода, перемычки, сетевой кабель, руководство по эксплуатации, методические рекомендации по проведению лабораторных работ.

Проведение измерений и экспериментов:

Сборка сети с системой защиты от поражения электрическим током TN-C;

Прямое прикосновение к исправной сети TN-C;

Прямое прикосновение к аварийной сети TN-C;

Косвенное прикосновение в сети TN-C (напряжение прикосновения, ток и время);

Косвенное прикосновение в сети TN-C к оборудованию, защищенному УЗО;

Сборка сети с системой защиты от поражения электрическим током TN-S;

Прямое прикосновение к исправной сети TN-S;

Прямое прикосновение к аварийной сети TN-S;

Косвенное прикосновение в сети TN-S (напряжение прикосновения, ток и время);

Косвенное прикосновение в сети TN-S при обрыве нулевого защитного проводника;

Сборка сети с системой защиты от поражения электрическим током TT;

Прямое прикосновение к исправной сети TT;

Прямое прикосновение к неисправной сети TT;

Косвенное прикосновение в сети TT (напряжение прикосновения, ток)

Косвенное прикосновение в сети TT (напряжение прикосновения, ток) к оборудованию, защищенному УЗО;

Сборка сети с системой защиты от поражения электрическим током IT;

Прямое прикосновение к исправной сети IT;

Прямое прикосновение к неисправной сети IT;

Косвенное прикосновение к исправной сети IT;

В состав комплекта учебного оборудования «Электробезопасность в жилых и офисных помещениях» (рисунок 2) входят:

1. Каркас;

2. Стол лабораторный;

3. Комплект модулей:

- «Питающая сеть»;

- «Сеть TT/IT»;

- «УКСИ и мультиметр»;

- «УЗО и автоматический выключатель»;

- «Электроустановка»;

- «Электроустановка с двойной изоляцией»;

- «Модель человека»;

4. Комплект соединительных проводов и кабелей;

5. Мультиметр Mastech MY60.

Модуль «Питающая сеть» предназначен для ввода однофазного напряжения 220 В в лабораторный стенд с защитой от токов короткого замыкания и токов утечки. Модуль содержит кнопку аварийного отключения для случаев экстренного обесточивания лабораторного стенда и выключатель с ключом.

Модуль «Сеть TT/IT» предназначен для изучения сетей питания с системой TT и IT.

Модуль «Сеть TN» предназначен для изучения сетей питания с системой TN.

Модуль «УКСИ и мультиметр» включает в себя устройство контроля сопротивления изоляции УЗР-8Н (УКСИ) и цифровой мультиметр.

Модуль «УЗО и автоматический выключатель» предназначен для изучения метода защиты от поражения электрическим током при помощи выключателя дифференциального типа ВД1-63 2Р 16 А 30 мА и выключателя автоматического типа ВА47-29 1Р 1 А.

Модуль «Электроустановка» предназначен для сборки схем электроустановки классов 0 (без заземления) и I (с заземлением). Включение электроустановки отображает индикатор в центре панели. Модуль снабжен гнездами для моделирования различных аварийных ситуаций (короткое замыкание, пробой фазы или нейтрали на корпус, обрыв питающих и защитных проводников).

Модуль «Электроустановка с двойной изоляцией» предназначен для сборки схем электроустановки класса II (с двойной изоляцией). Включение установки отображает индикатор в центре панели. Модуль снабжен гнездами для моделирования различных аварийных ситуаций (короткое замыкание, пробой фазы или нейтрали на корпус, обрыв питающих и защитных проводников).

Модуль «Модель человека» предназначен для моделирования сопротивлений тела и обуви человека, а также пола, на котором он стоит.

В состав модуля входит непосредственно модель человека и два галетных переключателя. Значения сопротивления пола (R_p) и обуви ($R_{об}$) указаны на внешнем виде панели.

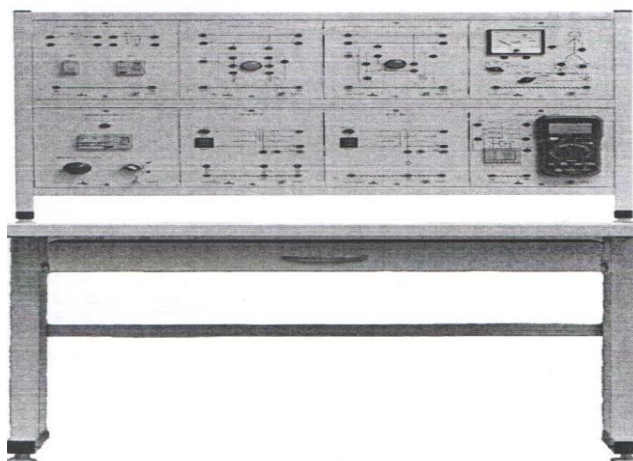


Рисунок 2 – Общий вид типового комплекта учебного оборудования «Электробезопасность в жилых и офисных помещениях»

Миллиамперметр с пределом измерения 150 мА служит для определения тока, проходящего через тело человека при возникновении различных аварийных ситуаций.

Комплекты лабораторного оборудования используются в учебном процессе. Они также могут найти применение при повышении квалификации инженерно-технических работников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Типовой комплект учебного оборудования «Электробезопасность в электроустановках до 1000 В». - Челябинск: «Учтех-Профи», 2017. -14 с.
 - 2 Типовой комплект учебного оборудования «Электробезопасность в жилых и офисных помещениях». - Челябинск: «Учтех-Профи», 2018. -10 с.
- IRSTI 378.016:802.0:004

Zh. Erzhanova¹, J. K. Koxegen², Sh. I. Imangaliev³

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

²Gymnasium №38 named after Lomonosov, Almaty, Kazakhstan

³ENU R. L. Gumilev, Astana, Kazakhstan

TO THE QUESTION OF LEARNING ENGLISH SYSTEMATICALLY FOR TECHNICAL SPECIALTIES

Abstract. The article deals with the history of the development of English structural linguistics. In the proposed study, the authors rely on the possibility of using a systematic approach in teaching English. The general principles, which are basic and apply to any branch of scientific knowledge, and private, which are used in teaching English, were highlighted. It was emphasized that a systematic approach in teaching English can be applied at any age, starting with adolescence, because this stage of ontogenesis in humans formed abstract theoretical thinking. Particular attention was paid to the study of the three main components of language (vocabulary, grammar and phonetics) based on the application of the basic principles of a systematic approach. It was also discussed the use of scientific results, modern hardware and software in teaching a foreign language to students of technical specialties.

Key words: linguistics, language structure, language levels, system, elements, Cybernetics, information, computer, telecommunications, information technologies.

Many years of experience [3] of working at the University shows those students of technical specialties for the most part do not have the set of knowledge and skills that is necessary for professionally-oriented foreign language teaching. As a result of child psychology in high school, students come to the false conclusion that they are not given enough knowledge of a foreign language; this subject is not interesting or essential for their personal growth and career.

The modern approach[1,2] in teaching a foreign language is presented as an opportunity for each language phenomenon to see the system and build the study of language on the principle of its vision as a structure. The very first systematic approach in teaching foreign languages was a structural approach, called the situational approach in England and the audio – lingual method in the United States (early XX century). Like any methodology, a systematic approach implies the presence of certain principles and ways of organizing activities, in this case, activities related to the analysis and synthesis of real systems. In the system approach it is possible to allocate the General principles which are basic and are applied to any branch of scientific knowledge, and private which are used in teaching English. General principles of a systematic approach are connected with the principle goal. This principle goal focuses on the fact that the study of the object is necessary, first of all, to identify the purpose of its functioning. First of all, we should be interested not in how the system is built, but for what it exists, what the goal is, what it is caused by, what are the means to achieve the goal. The main purpose of the existence of any language is its use in communication. This goal is determined by the social nature of man.

Let us examine the principle of integrity. This principle requires considering an object as a set of components in a set of connections and in interaction with the environment. Since in our case the object is a person and language is a complex system in which smaller subsystems, structures and elements can be identified, the subject of consideration is their internal functioning and interaction in contact with the external environment (in a communicative act).

Let us observe the principle of hierarchy of the structure. The principle of hierarchy of the structure implies the presence of a set (at least two) of elements located on the basis of subordination of elements of the lowest level to elements of the highest level. In English, we can distinguish 3 aspects (grammatical, phonetic and lexical), which are studied as subsystems of a higher level than the vowel and consonant subsystems, grammatical subsystems of articles,

subsystems of lexical-semantic groups, etc. At the same time, their interrelated functioning in speech is inextricably linked with four types of speech activity (oral speech, listening, reading and writing), which are considered as subsystems of foreign language communication. Thus, we see that each of the components can function as a subsystem of a higher level of hierarchy.

Duality principle. The principle of duality follows from the previous principle and means that the system should be considered as a part of a higher level system and at the same time as an independent part acting as a whole in interaction with the environment. In turn, each element of the system has its own structure and can also be considered as a subsystem.

The principle of structuring. The principle of structuring allows us to analyze the elements of the system and their relationship within a specific organizational structure. As a rule, the process of functioning of the system is not so much due to the properties of its individual elements as to the properties of the structure itself. Thus, if we consider the vowel subsystem separately from the language system, we will see that this component of the system does not have properties that ensure the functioning of the system as a whole. Such properties have only a complete system, which is something more than the sum of the properties of its constituent elements and qualitatively different from this sum.

The particular principles of the system approach are connected with the principle of repulsion from the native language. The systematic approach to foreign language acquisition is associated with the comparison of the studied language system with the system of the native language. In this regard, the sequence of presentation and training of language tools is associated with a detailed analysis and training of elements and structures in which the systemic language inconsistencies of the matched pair of languages are manifested. Here is the principle of one difficulty. Introduction, semantics and training of lexical material is based on the previously studied grammatical material (and vice versa, the introduction of new grammatical material is based on the already mastered lexical material).

Part-of-speech principle. The presentation of the lexical material in the systematic approach is based on the partial principle. This means that lexical units are distributed according to the grammatical system of parts of speech. The principle of compatibility. This principle is taken into account when introducing vocabulary. In accordance with it, lexical units with the potential of mutual relations are selected for presentation at each new stage of language acquisition. This makes it possible to make the largest number of proposals for training in exercises with the maximum number of repetitions. At the same time, this principle corresponds to the system-functional aspect of the language, because it is known that the higher the compatibility of the word, the greater the communicative value it has. Mastering the rules of compatibility of words in a sentence allows from the first steps to carry out speech synthesis, independently constructing statements. In the principle of the priority of mastering the dominant units, one of the main tasks in the study of a foreign language is to master the nuclear vocabulary of the language, as it is the most frequent in use, and it contains a kind of expression of concepts and phenomena peculiar to the native speaker. Mastering foreign languages is a complex psycho physiological process, the ultimate goal of which is the acquisition of communicative competence as a set of knowledge and skills in all types of foreign language speech activity. A systematic approach to study English can be applied at any age, starting with adolescence, because at this stage of ontogenesis a person develops abstract theoretical thinking (the ability to analyze, synthesize, generalize), there is an intellectualization of memory, as well as the development of phonological basal characteristics (phonological hearing, fine motor skills of the fingers, articulation apparatus).

As for the upper age limit of the system approach, it is not limited, because with this approach, the language can be equally successfully mastered at the age of 20, and 40, and 60. This is primarily due to the progressive nature of human thinking from childhood to adulthood. The second and very important factor is the increase in the indicators of speech activity

development in adulthood. The use of a systematic approach to the study of foreign languages is due to the fact that each language is a system. F. de Sossyura [2] underlined the actuation of the language system. According to his point of view the general system of language can be perfectly classified, and therefore to be subjected to analysis and synthesis. Within the language system, smaller systems (grammar, phonetics, and vocabulary) can be distinguished, which can also be classified. The system approach to grammar shows that this system includes the subsystem of singular and plural, the spacious-time subsystem, the part-speech subsystem, the grammatical subsystem of word formation and others. Systematic vocabulary is manifested in the relationship of semantic identity and opposites, similarities and differences between words (synonymic, antonymic, thematic and other relationships). Phonetics is a system of sounds, the number of which is limited and forms the norm, mandatory for the rules of speech. Considering the phonetic system of the English language, we can certainly distinguish smaller subsystems and elements in it. It is a system of vowels and consonants, the first of which can be subjected to further classification in following way: the subsystem of monophthongs and diphthongs, the subsystem of long and short vowels, the front vowel subsystem, etc. At the same time there can be classification in the system of subsystems of consonants: unvoiced and voiced, aspiration, and pharyngeal, labio-dental-dental, etc. With proper structuring, acquisition of each of these systems is not a problem and available for every person at any age. Consideration and interpretation of separate structures and elements of language, and their functioning in speech activity cannot be fragmentary, and should be constructed taking into account properties of all systems as set of the interconnected elements, and also taking into account the organization of feedback, i.e. reduction of the statement in compliance with the speech plan. Selection of components of the language system for the purpose of their consistent development is carried out in such a manner in which, firstly, an understanding of the coordination of subsystems, structures and elements with each other is achieved, and secondly, their mutual functioning in speech is taken into account, in which various properties of these elements appear in different situations of the communicative act. Therefore with the help of a systematic approach, long-term cause-effect and analytical-synthetic relationships are formed, which guarantee a strong and high-quality language proficiency.

Structural design is also important, grouping and saturation of the language material in the presentation of the system method, which leads to the inclusion of the perceived material in the overall language system and contributes to the generalization of linguistic knowledge, based on previous meaningful and correlated information. Currently, in the pedagogical and methodical literature on the problem many methods of applying a systematic approach are considered in teaching a foreign language. One of the most important methodological techniques in a systematic approach is the implementation of indicative actions in the presentation of the material. When mastering foreign languages, in each of which systemic interactions are carried out in different directions, the indicative activity is manifested in the progressive awareness and assimilation of ways of expressing temporal and other relations. Therefore, when presenting any material, especially different from the established norms of the native language (for example, the use of articles, prepositions, gerund, complex additions, etc.), it is necessary to outline guidelines immediately as a system conditions for conscious action. Presentation of the lexical material, carried out with a systematic approach to the part-speech principle, makes it possible to consider the system of parts of speech at the initial stage as well as a guide for syntactic analysis in the construction of the proposal. Therefore, the system approach in the introduction of new lexical units is carried out in parts of speech; the same scheme is proposed to conduct personal training dictionaries. This approach makes it easier to use the relevant parts of speech in the sentence structure as a subject, predicate, definition, circumstances, additions. Another methodological technique of the system approach is the parallel development of lexical material in connection with the grammatical system of the language. Thus, for example, when mastering the spacious-

time system, verbs are introduced in parallel, the most used for expressing relations within each of the spacious-time structures. In the study of degrees of comparison of adjectives, the appropriate conjunctions are introduced, in the development of the infinitive and gerund – verbs used in infinitive and gerund constructions. At the same time, it should be emphasized that in order to effectively master the lexical material, it is necessary to observe the principle of one difficulty. From this principle follows another technique used in the presentation of lexical and grammatical material, that consists in a ring-shaped grouping of material: first mastered the grammatical structure using automated vocabulary, and then lexical material using mastered (to each stage of language acquisition) grammatical phenomena, including that which considered in parallel in the relevant educational section (lesson). The system of exercises used to observe this order provides activity memorization of both lexical and grammatical material. The final translation and speech exercises of each section cover all the material in the complex, ensuring its full participation in speech synthesis. Systematic training of lexical material in speech units-phrases and sentences, dictates another method of presentation of lexical material in a systematic approach, which consists in the priority consideration of verbs, due to the inherent function of the verb organizer sentences. It should also be noted that the presentation, semantics and training of the use of regular and irregular verbs is carried out separately. This way of presentation of verbs dictated by practical observations, shows that the operation of the transformation of irregular verbs to express temporal categories (especially the past indefinite and present perfect time) at first cause students greater difficulty than the same operations performed with regular verbs. One of the main methods of the system approach is the use of a large number of exercises for the formation and improvement of different skills, especially development skills. To form skills of use on the basis of the apprehended system language information occurs with use of considerable number of the interconnected exercises allowing seizing material in action. Consistent and conscious training of structures and elements through a system of exercises leads to the exclusion from the field of consciousness of the individual components of conscious action, which leads to the automated use of foreign language tools in speech, providing the ability to complete communication. The effectiveness of the training is the higher than in a large number of different relationships will be given this grammatical or lexical unit in relation to other, previously mastered language tools. It should also be noted that a systematic approach can be applied to each individual stage of training, taking into account and assessing the relationship of components and their functioning in speech activity, and the corresponding adjustment of disordered components of the system. At the same time, the formation of skills in a systematic approach takes much less time than in other types of training, since it takes several times more time to understand the scattered, not given in the system of facts than when mastering them systematically. This means that such a campaign is more active and dynamic ordering of speech experience and its creative manifestation in foreign language speech activity.

CONCLUSION

Taking into account the search nature of the chosen scientific direction, it seems relevant and vital to present it in a more generalized form.

The purpose of the study: to consider the methodological foundations of a systematic approach used to study English for technical specialties with the use of information technology.

In accordance with the selected object, subject and purpose of the study, the following tasks will be solved: 1.Exploration of the principles and elements of a systematic approach; 2.Methods of consideration of techniques and algorithms for applying a systematic approach to English language teaching; 3.To reveal features of formation of lexical, grammatical and phonetic skills at the systematic approach; 4. To justify the use of modern computer and

telecommunications equipment, as well as information technology. The proposed method of the systematic approach was formed as a result of the application of ideas and methods developed to solve engineering and physical problems, to solve linguistic problems related mainly to the problems of language typology.

REFERENCES

- [1] Dinos Demetriades Information technology. – Oxford, 2010. - 22 p.
- [2] Galvin G. S. Operating systems. - Cambridge, 2015. - 87 p.
- [3] Steven H. K. Designing intelligence: a framework for smart systems. – Oxford, 1991.- 132 p.
- [4] Charles Brown English for computer science. - Oxford, 2006. - 285 p.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Динос Демитриэд Информационные технологии. – Оксфорд, 2010. – 22 с. (на англ.).
- [2] Гальвин Г. С. Системы управления. – Кембридж, 2015. – 87 с. (на англ.).
- [3] Стивен Х. К. Создание информации: основа для smart систем. – Оксфорд, 1991. - 132 с. (на англ.).
- [4] Чарльз Браун Английский язык в информатике. - Оксфорд, 2006. – 285 с. (на англ.).

К ВОПРОСУ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Ж. Ержанова¹, Ж. К. Коксеген², Ш. И. Имангалиев³

¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

²АЭЖБУ, Гимназия №38 им. Ломоносова Алматы, Казахстан

³ЕНУ им. Л.Н.Гумилева Астана, Казахстан

Аннотация. В статье была рассмотрена история развития англоязычной структурной лингвистики. В предлагаемом исследовании авторы опираются на возможность использования системного подхода в обучении английского языка. Были выделены общие принципы, которые являются основными и применяются к любой отрасли научного знания, и частные, которые используются при обучении английскому языку. Подчеркивалось, что системный подход при изучении английского языка может быть применен в любом возрасте, начиная с подросткового, поскольку к этому этапу онтогенеза у человека формируется отвлеченное теоретическое мышление. Особое внимание уделялось исследованию трех основных компонент языка (лексики, грамматики и фонетики) на базе применения основных принципов системного подхода. А также обсуждалось использование полученных научных результатов, современных технических и программных средств, при обучении иностранному языку студентов технических специальностей.

Ключевые слова: лингвистика, структура языка, языковые уровни, система, элементы, кибернетика, информация, компьютер, телекоммуникация, информационные технологии.

ТЕХНИКАЛЫҚ МАМАНДЫҚТАРДЫҢ АҒЫЛШЫН ТІЛІН ОҚИТУ БОЙЫНША ЖҮЙЕЛІ ТӘСІЛ МӘСЕЛЕСІ

Ж. Ержанова¹, Ж. К. Коксеген², Ш. И. Имангалиев³

¹Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан
Ломоносов ат. №38 Гимназия Алматы қ., Қазақстан

³Л.Н.Гумилев ат. ЕҰУ Астана қ., Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада ағылшын тілді құрылымдық лингвистиканың даму тарихы қарастырылды. Ұсынылған зерттеуде авторлар ағылшын тілін оқытуда жүйелі тәсілді пайдалану мүмкіндігіне сүйенеді. Негізгі болып табылатын, ғылыми білімнің кез келген саласына қолданылатын және ағылшын тілін оқытуда қолданылатын жеке принциптер анықталды. Ағылшын тілін үйренудің жүйелі тәсілі жасөспірімнен бастап кез келген жаста қолданылуы мүмкін, өйткені онтогенездің осы кезеңіне адамда алаңдатқан теориялық ойлау қалыптасады. Жүйелі тәсілдің маңызды принциптерін қолдану кезінде, тілдің үш негізгі компонентін (лексика, грамматика және фонетика) зерттеуге ерекше көңіл бөлінді. Сонымен қатар, техникалық мамандықтар студенттеріне шет тілін оқытуда алынған ғылыми нәтижелерді, заманауи техникалық және бағдарламалық құралдарды пайдалану талқыланды.

Кілттік сөздер: лингвистика, тіл құрылымы, тіл деңгейлері, жүйе, элементтер, кибернетика, ақпарат, компьютер, телекоммуникация, ақпараттық технологиялар.

УДК 004.02: 531: 622.233: 622.235

Тойбаев С. Н., Ибраев М.С., Сәрсенбай А.С.

Алматинский университет энергетики и связи

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ КОЛЕБАНИЯ СТЕРЖНЯ С ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДОЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КОНТАКТА

Андатпа

Мақалада қимасы дөңгелек тұтқыр сырықтың сипаттамасын, қоршаған ортаны және температураны есепке алғандағы тербелмелі қозғалысының теңдеуін құрастыру тәсілі қарастырылған. Дөңгелек тұтқыр сырықтың тербеліс теңдеуі алынған. Қоршаған ортада сырықтың қандай күйде болатыны үшін келесі үш шарт қарастырылған: үйкеліс жоқ (жылтыр жанаспа), сырықпен ортаның үйкелісі, сырықтың ортамен әсерінде Кулон заңы орындалатын және сырық пен орның қатаң жанаспасы.

Негізгі сөздер: динамикалық әсерлесуі, тербеліс, сырық, қоршаған орта, үйкеліс, қатаң жанаспа.

Введение

В наш век с усложнением форм строительных конструкций, появлением авиастроения, разнообразными запросами машиностроения роль методов теории упругости резко изменилась. Теперь они составляют основу для построения практических методов расчета деформируемых тел и систем тел разнообразной формы. При этом в современных расчетах учитываются не только сложность формы тела, разнообразие воздействий (силовое, температурное и т.п.), но и специфика физических свойств материалов, из которых изготовлены тела. Дело в том, что в современных конструкциях наряду с традиционными материалами (сталь, дерево, бетон и т. д.) широкое применение получают новые материалы, в частности композиты, обладающие рядом специфических свойств. Так, армирование полимеров волокнами из высокопрочных материалов позволяет получить новый легкий конструкционный материал, имеющий высокие прочностные свойства, переходящие даже прочность современных сталей. Но наличие полимерной основы наделяет такой композитный материал помимо упругих вязкими свойствами, что обязательно должно учитываться в расчетах. Даже в традиционных материалах в связи с высоким уровнем нагружения, повышенными температурами возникает необходимость в учете пластических свойств.

Поэтому фундаментально-прикладное исследование данной проблемы, несомненно, является актуальной задачей.

Современный этап развития строительной механики, в том числе при определении НДС строительных конструкций, связан с широким использованием численных методов. Практика выдвигает на передний план задачи многовариантных исследований двумерных и трехмерных систем, адекватное решение которых иногда возможно только численным путем. Как правило, найти замкнутое аналитическое решение для большинства проблем не представляется возможным, а экспериментальные исследования часто оказываются трудоемкими процессами. Этим, в частности, и объясняется превалирование численных методов, имеющих место, как в отечественной, так и в зарубежной расчетной практике. Поэтому фундаментально-прикладное исследование данной проблемы, несомненно, является актуальной задачей.

Объекты и методы исследований

Теория продольного колебания стержней впервые была разработана Похгаммером и Кри. В этой же работе достаточно полно отражены и ее дальнейшие исследования. Для вывода классического уравнения колебания стержня использовались гипотезы плоского сечения при продольном колебании и гипотеза Кирхгофа для поперечного колебания. Подходом, развитым С.П.Тимошенко и другими, получены гиперболические уравнения для поперечного колебания стержня.

Однако очень мало работ посвящено изучению колебания круглого стержня, находящегося в деформируемой среде, особенно при наличии трения по границе контакта стержень – окружающая среда. Наиболее интересны результаты в работах [1, 2, 3]. В частности, в работе [3] окружающая среда рассматривалась как винклеровская. Для нее выведено уравнение продольного колебания упругого стержня при наличии трения и абсолютно жесткого по границе контакта.

При исследовании колебания стержень будем рассматривать как трехмерное вязкоупругое изотропное тело с постоянными характеристиками, т.е. считаем, что материал стержня и среды однороден.

Уравнения продольного колебания стержня при абсолютно жестком контакте

Граничные условия при наличии сухого трения Кулона

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^{(0)} &= \sigma_{rr}^{(1)} + f_r(z,t); & \sigma_{rz}^{(0)} &= -\eta_0 \sigma_{rr}^{(0)} \\ \sigma_{rr}^{(0)} &= \eta_0 \sigma_{rr}^{(1)} + f_{rz}(z,t); & U_r^{(0)} &= U_r^{(1)}; & r &= r_0.\end{aligned}\quad (1)$$

и при жестком контакте

$$\begin{aligned}\sigma_{rr}^{(0)} &= \sigma_{rr}^{(1)} + f_r(z,t); & \sigma_{rz}^{(0)} &= \sigma_{rz}^{(1)} + f_{rz}(z,t); \\ U_r^{(0)} &= U_r^{(1)}; & U_z^{(0)} &= U_z^{(1)}; & r &= r_0.\end{aligned}\quad (2)$$

Для нахождения главных частей U_0, W_0 в случае абсолютно жесткого контакта имеем граничные условия (2) которые для A_j, B_j принимают вид

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \left[(\beta_0^2 + k^2) I_0(\alpha_0 r_0) - \frac{2\alpha_0}{r_0} I_1(\alpha_0 r_0) \right] A_0 - 2k \left[\beta_0^2 I_0(\beta_0 r_0) - \frac{\beta_0}{r_0} I_1(\beta_0 r_0) B_0 \right] \right\} = \\
 & = \frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \left\{ \left[(\beta_1^2 + k^2) K_0(\alpha_1 r_0) + \frac{2\alpha_1}{r_0} K_1(\alpha_1 r_0) \right] A_1 - \right. \\
 & \left. - 2k \left[\beta_1^2 K_0(\beta_1 r_0) + \frac{\beta_1}{r_0} K_1(\beta_1 r_0) \right] B_1 \right\} + M_{0,0}^{-1} f_r^{(0)} ; \\
 & \left[2k\alpha_0 I_1(\alpha_0 r_0) A_0 - \beta_0 (\beta_0^2 + k^2) I_1(\beta_0 r_0) B_0 \right] = \\
 & = -\frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \left[2k\alpha_1 K_1(\alpha_1 r_0) A_1 - \beta_1 (\beta_1^2 + k^2) K_1(\beta_1 r_0) B_1 \right] + M_{0,0}^{-1} f_{rz}^{(0)} ; \\
 & \left[\alpha_1 K_1(\alpha_1 r_0) A_1 - k\beta_1 K_1(\beta_1 r_0) B_1 \right] = -U_{r,0}^{(0)} ; \\
 & \left[kK_0(\alpha_1 r_0) A_1 - \beta_1^2 K_0(\beta_1 r_0) B_1 \right] = U_{z,0}^{(0)} .
 \end{aligned} \tag{3}$$

Вначале исключим в системе (4) постоянные интегрирования A_1 и B_1 . Затем постоянные интегрирование A_0 и B_0 посредством $U_0 = \alpha_0^2 A_0 - k\beta_0^2 B_0$, $W_0 = kA_0 - \beta_0^2 B_0$, заменим на U_0 и W_0 . Исключая из (4) величину U_0 и обращая полученное выражение по k и p для W выводим уравнение

$$\begin{aligned}
 & \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \left\{ \left[(1-c_t)^2 \lambda_1^{(1)} + (1+c_t)^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{n+1} (1-c_t) \lambda_1^{(1)} \right] \lambda_2^{(n+m)} + \right. \right. \\
 & + 2 \frac{n+2}{n+1} c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_1^{(1)} Q_m \lambda_2^{(n)} + c_t \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) Q_n \lambda_2^{(m)} \left[\left(\lambda_2^{(1)} \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) - \frac{1}{n+1} \lambda_1^{(1)} \right] + \\
 & + M_1 M_0^{-1} \left\{ -R_3 \left[2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} c_t \lambda_1^{(1)} Q_m \lambda_2^{(n)} + (1+c_t) \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_2^{(n+m)} - c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) Q_n \lambda_2^{(m)} - \right. \right. \\
 & - \frac{1}{n+1} \frac{\partial^2}{\partial z^2} c_t \lambda_1^{(1)} (Q_m \lambda_2^{(n)} - Q_n \lambda_2^{(m)}) \left. \right] + \frac{2(m+1)}{r_0} R_4 \left[c_t (\lambda_2^{(1)} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}) Q_n \lambda_2^{(m)} + \right. \\
 & + 2c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_2^{(n)} Q_m + (1-c_t) \lambda_2^{(n+m)} - \frac{1}{n+1} (c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} Q_m \lambda_2^{(n)} + c_t \lambda_1^{(1)} \lambda_2^{(m)} Q_n + \lambda_2^{(n+m)}) \left. \right] + \\
 & \left. + M_1^2 M_0^{-2} \{ -(\lambda_2^{(n)} Q_m - \lambda_2^{(m)} Q_n) \left[R_3 (1 + \frac{r_0}{2} R_1) \frac{1}{n+1} c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_1^{(1)} + \right. \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{2(m+1)}{r_0} c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} R_4 \left(R_3 + \frac{2}{r_0} R_2 \right) \Bigg] + \frac{2(m+1)}{r_0(n+1)} R_4 \left(1 + \frac{r_0}{2} R_1 \right) \lambda_2^{(m)} (c_t \lambda_1^{(1)} Q_n + \lambda_2^{(n)}) - \\
 & - R_3 \left(R_3 + \frac{2}{r_0} R_2 \right) \frac{\partial^2}{\partial z^2} (c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_2^{(m)} Q_n + c_t \lambda_1^{(1)} Q_m \lambda_2^{(n)} + \lambda_2^{(n+m)}) \Bigg\} \Bigg\} \Bigg\} \times \\
 & \times W \frac{(r_0/2)^{2(n+m)+1}}{(n!)^2 m! (m+1)!} = \Phi(f_r f_{rz})
 \end{aligned} \tag{4}$$

где

$$\begin{aligned}
 R_1(\tau) & \equiv \sqrt{\rho_1} M_1^{-1} N_2^{1/2} \left(\frac{\partial \tau}{\partial t} \right); \quad R_2(\tau) \equiv 2 \rho^{-1/2} M_1^{1/2} \left(\int_0^t \tau(\xi) d\xi \right); \\
 R_3(\tau) & \equiv (2 + M_1^{-1} N_2^{1/2}); \quad R_4(\tau) \equiv \rho^{1/2} M_1^{1/2} \left(\frac{\partial \tau}{\partial t} \right).
 \end{aligned}$$

Ограничиваясь в (4) производным и не выше второго порядка, для упругого стержня получаем уравнение ($f_r = f_{rz} = 0$)

$$\frac{1}{c_2^2} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + \frac{1}{c_3^2} \frac{\partial W}{\partial t} = 0, \tag{5}$$

где

$$\begin{aligned}
 c_2^2 & = \frac{\left[\left(\frac{3a_0^2 - 4b_0^2}{b_0^2} \right) - k_0 \left(2 + \frac{a_1}{b_1} \right) \left(\frac{a_0^2 - 2b_0^2}{b_0^2} \right) + k_0^2 \left(2 + \frac{a_1}{b_1} \right)^2 \right]}{\left(\frac{3a_0^2 - 4b_0^2}{c_0^2 b_0^2} \right) + k_0^2 \left(\frac{a_1}{b_1^3} \right)} \\
 c_3^2 & = \frac{k_0 b_1^{-1} (a_0^2 - b_0^2) b_0^{-2} + k_0^2 b_1^{-1}}{(3a_0^2 - 4b_0^2) c_0^{-2} b_0^{-2} + k_0^2 a_1 b_0^{-3}} \cdot \frac{r_0}{r}.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Как видно из формулы (6), скорость волны сжатия в стержне при условии жёсткого контакта отличается от скорости c_1 при гладком контакте. Кроме того, в уравнении (5) появился член, являющийся первой производной от W по времени, что приводит к затуханию возмущений с течением времени.

Уравнения продольного колебания стержня с учетом трения на контакте

Учет трение на контакте между стержнем и окружающей средой значительно усложняет исследование продольного (и других видов) колебаний стержня. Это обусловлено тем, что недостаточно хорошо сформулированного закона трения между контактирующими деформируемыми средами. Наиболее простым и известным является

закон сухого трения Кулона, используемый в основном для изучения трения между двумя абсолютно жесткими контактирующими телами.

Исходя из закона трения Кулона, предельной величине трения

$$F_{np} = f_0 N, \quad (7)$$

где f_0 — статический коэффициент трения ; N — нормальное усилие.

При исследовании динамических, в частности волновых, задач коэффициент трения между деформируемыми средами отличается от статистического и зависит от скорости относительного проскальзывания частиц на поверхности контакта.

При дальнейших исследованиях будем предполагать, что динамический коэффициент трения совпадает по модулю со статическим коэффициентом трения f_0 , т.е. $|\eta_0| = f_0$, и в граничных условиях (1) коэффициент η_0 может отличаться знаком от f_0 в зависимости от знака скорости относительного проскальзывания частиц по границе контакта. При произвольном знаке η_0 используемый подход не применим для вывода уравнения продольного колебания, так как знак зависит от указанной скорости и граничные условия (1) в общем случае нелинейны. Ниже будем предполагать, что колебания стержня таковы, что знак коэффициента η_0 не изменяется в течение исследуемого промежутка времени, и тогда задача сводится к линейной.

Как и в предыдущих случаях, зависимость перемещений от главных частей U, W

имеет вид
$$U_r^{(0)} = \sum_{n=0}^{\infty} \left[(\lambda_1^{(1)} c_t Q_n + \lambda_2^{(m)}) U - c_t Q_n \lambda_1^{(1)} \frac{\partial W}{\partial z} \right] \frac{(r/2)^{2n+1}}{n!(n+1)!}. \quad \text{Для вывода}$$

уравнения относительно W представим граничные условия через постоянные интегрирования

$$\begin{aligned}
 & \left[(\beta_0^2 + k^2) I_0(\alpha_0 r_0) - \frac{2\alpha_0}{r_0} I_1(\alpha_0 r_0) \right] A_0 - 2k \left[\beta_0^2 I_0(\beta_0 r_0) - \frac{\beta_0}{r_0} I_1(\beta_0 r_0) B_0 \right] = \\
 & = \frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \left\{ \left[(\beta_1^2 + k^2) K_0(\alpha_1 r_0) + \frac{2\alpha_1}{r_0} K_1(\alpha_1 r_0) \right] A_1 - \right. \\
 & \left. - 2k \left[\beta_1^2 K_0(\beta_1 r_0) + \frac{\beta_1}{r_0} K_1(\beta_1 r_0) \right] B_1 \right\} + M_{0,0}^{-1} f_r^{(0)}; \\
 & \left[2k\alpha_0 I_1(\alpha_0 r_0) A_0 - \beta_0 (\beta_0^2 + k^2) I_1(\beta_0 r_0) B_0 \right] = \\
 & = -\eta_0 \left\{ \left[(\beta_0^2 + k^2) I_0(\alpha_0 r_0) - \frac{2\alpha_0}{r_0} I_1(\alpha_0 r_0) \right] A_0 - 2k \left[\beta_0^2 I_0(\beta_0 r_0) - \frac{\beta_0}{r_0} I_1(\beta_0 r_0) \right] B_0 \right\}; (8) \\
 & \left[2k\alpha_1 K_1(\alpha_1 r_0) A_1 - \beta_1 (\beta_1^2 + k^2) K_1(\beta_1 r_0) B_1 \right] = \\
 & = -\eta_0 \left\{ \left[(\beta_1^2 + k^2) K_0(\alpha_1 r_0) - \frac{2\alpha_1}{r_0} K_1(\alpha_1 r_0) \right] A_1 - 2k \left[\beta_1^2 K_0(\beta_1 r_0) - \frac{\beta_1}{r_0} K_1(\beta_1 r_0) \right] B_1 \right\} + \\
 & + M_{1,0}^{-1} f_{rz}^{(0)}; \\
 & \left[\alpha_0 I_1(\alpha_0 r_0) A_0 - k\beta_0 I_1(\beta_0 r_0) B_0 \right] = - \left[\alpha_1 K_1(\alpha_1 r_0) A_1 - k\beta_1 K_1(\beta_1 r_0) B_1 \right].
 \end{aligned}$$

Исключая из (8) постоянные интегрирования A_1, B_1 и выводя вспомогательные функции U_0, W_0 , получаем

$$\begin{aligned}
 & \sum_{n=0}^{\infty} (1 + R_6^{(0)}) \left\{ \left[(\beta_0^2 + k^2) c_0 Q_n^{(0)} + (1 - c_0) \beta_0^{2n} - \frac{1}{n+1} (\alpha_0^2 c_0 Q_n^{(0)} + \beta_0^{2n}) \right] U_0 - \right. \\
 & \left. - k \left[(\beta_0^2 + k^2) c_0 Q_n^{(0)} - (1 + c_0) \beta_0^{2n} - \frac{\alpha_0^2}{n+1} c_0 Q_n^{(0)} \right] W_0 \right\} \frac{(r_0/2)^{2n}}{(n!)^2} + \\
 & + \sum_{n=0}^{\infty} \frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \frac{\left(1 + \frac{r_0}{2} R_0\right)}{(n+1)} \left[(\alpha_0^2 c_0 Q_n^{(0)} + \beta_0^{2n}) U_0 - k\alpha_0^2 c_0 Q_n^{(0)} W_0 \right] \times \\
 & \times \frac{(r_0/2)^{2n}}{(n!)^2} = F_1^{(0)}
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left\{ k \left[2c_0 \alpha_0^2 Q_n^{(0)} + (1+c_0) \beta_0^{2n} \right] U_0 - \alpha_0^2 \left[2k^2 c_0 Q_n^{(0)} - (1-c_0) \beta_0^{2n} \right] W_0 \right\} \times \\ \times \frac{(r_0/2)^{2n+1}}{n!(n+1)!} + \eta_0 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{2(n+1)}{r_0} \left\{ \left[(\beta_0^2 + k^2) c_0 Q_n^{(0)} + (1-c_0) \beta_0^{2n} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{n+1} (\alpha_0^2 c_0 Q_n^{(0)} + \beta_0^{2n}) \right] U_0 - k \left[(\beta_0^2 + k^2) c_0 Q_n^{(0)} - (1+c_0) \beta_0^{2n} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{\alpha_0^2}{n+1} c_0 Q_n^{(0)} \right] W_0 \right\} \frac{(r_0/2)^{2n+1}}{n!(n+1)!} = 0.$$

Здесь

$$F_1^{(0)} = M_{0,0}^{-1} f_r^{(0)} - \frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \left[\frac{k(\beta_1^2 + k^2 + 2\alpha_1 \beta_1)}{\alpha_1(\beta_1^2 - k^2)} + \frac{4k}{r_0(\beta_1^2 - k^2)} \right] (f_{rz}^{(0)} - \eta_0 f_r^{(0)}); \\ R_6^{(0)} = \eta_0 \left[\frac{k(\beta_1^2 + k^2 + 2\alpha_1 \beta_1)}{\alpha_1(\beta_1^2 - k^2)} + \frac{4k}{r_0(\beta_1^2 - k^2)} \right] \cong \\ \cong \eta_0 \frac{M_{1,0}}{M_{0,0}} \left[\frac{\sqrt{N_{10}} + 2\sqrt{M_{10}}}{\sqrt{\rho_1}} \frac{k}{p} + \frac{4M_{1,0}}{\rho_1 r_0} \frac{k}{p^2} \right]. \quad (10)$$

Для волновых процессов приближенно

$$R_6^{(0)} \cong \eta_0 \frac{k}{p^2} \left[(\sqrt{N_{10}} + 2\sqrt{M_{10}}) \rho_1^{-1/2} p + \frac{4b_1^2}{r_0} \right]; \\ R_0 \cong \sqrt{\frac{M_{1,0}}{\rho_1}} \rho_1 p. \quad (11)$$

Исключая из (9) величину U_0 и обращая полученное выражение по k и p для W выводим уравнение с учетом закона сухого трения Кулона

$$\begin{aligned}
 & \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \left(1 + R_6^{(0)} \right) \left\{ \left[\left(1 - c_t \right)^2 \lambda_1^{(1)} + \left(1 + c_t \right)^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{1}{n+1} \left(1 - c_t \right) \lambda_1^{(1)} \right] \lambda_2^{(n+m)} + 2 \frac{n+2}{n+1} c_t \times \right. \right. \\
 & \times \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_1^{(1)} Q_m \lambda_2^{(n)} + c_t \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) Q_n \lambda_2^{(m)} \left[\left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) - \frac{1}{n+1} \lambda_1^{(1)} \right] \left. \right\} + \frac{1}{n+1} M_1 M_0^{-1} \times \\
 & \times \left(1 + \frac{r_0}{2} R \right) \left[\left(1 - c_t \right) \lambda_1^{(1)} \lambda_2^{(n+m)} + c_t \lambda_1^{(1)} \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) Q_n \lambda_2^{(m)} + 2 c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} \lambda_1^{(1)} Q_m \lambda_2^{(n)} \right] - \\
 & - \frac{2(m+1)}{r_0} \eta_0 \left(1 + R_6^{(0)} \right) \frac{\partial}{\partial z} \left\{ 2 \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) c_t \left(Q_m \lambda_2^{(n)} - Q_n \lambda_2^{(m)} \right) - \frac{1}{n+1} \left[2 c_t \lambda_1^{(1)} Q_n \lambda_2^{(m)} + \right. \right. \\
 & + c_t \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) Q_m \lambda_2^{(n)} + \left. \left(1 + c_t \right) \lambda_2^{(n+m)} \right] - \frac{1}{(n+1)(m+1)} c_t \lambda_1^{(1)} \left(Q_m \lambda_2^{(n)} - Q_n \lambda_2^{(m)} \right) \left. \right\} - \\
 & - \frac{2(m+1)}{(n+1)} \frac{\partial}{\partial z} \frac{\eta_0}{r_0} M_1 M_0^{-1} \left(1 + \frac{r_0}{2} R \right) \left[\left(1 + c_t \right) \lambda_2^{(m)} \left(c_t \lambda_1^{(1)} Q_n + \lambda_2^{(n)} \right) + c_t \left(1 - c_t \right) \lambda_1^{(1)} Q_n \lambda_2^{(m)} + \right. \\
 & + \left. \frac{1}{n+1} c_t \lambda_1^{(1)} \left(Q_m \lambda_2^{(n)} - Q_n \lambda_2^{(m)} \right) \right] \left. \right\} \left. \right\} W \frac{(r_0/2)^{2(n+m)+1}}{(n!)^2 m! (m+1)!} = \Phi_1(F_1), \tag{12}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi_1(F_1) = & \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ \lambda_1^{(1)} \left[\left(1 - c_t \right) \lambda_2^{(n)} + 2 c_t \frac{\partial^2}{\partial z^2} Q_n \right] + \right. \\
 & + \frac{2(n+1)}{r_0} \eta_0 \frac{\partial}{\partial z} \left[- \left(\lambda_2^{(1)} - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) c_t Q_n + \left(1 + c_t \right) \lambda_2^{(n)} + \right. \\
 & + \left. \frac{1}{n+1} \lambda_1^{(1)} c_t Q_n \right] \left. \right\} F_1 \frac{(r_0/2)^{2n+1}}{n! (n+1)!}.
 \end{aligned}$$

Ограничиваясь в (12) членами не выше вторых производных по t и z , для упругого стержня находим уравнение близкое к выведенному в работе [6] :

$$\frac{1}{c_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - \frac{2\eta_0}{r_0} D_0 \frac{a_0^2 - b_0^2}{b_0^2} \left[(2 + k_0) \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{r_0 k_0}{2} \frac{a_1}{b_1^2} \frac{\partial^2 W}{\partial z \partial t} \right] = 0. \quad (13)$$

Последнее для окружающей винклеровской среды имеет вид

$$\frac{1}{c_0^2} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - 2\eta_0 \chi_0 \frac{\partial W}{\partial z} = 0; \quad \chi_0 = \text{const}. \quad (14)$$

Здесь C_0 - скорость волны сжатия в стержне при отсутствии окружающей среды.

В уравнении (13) коэффициенты

$$k_0 = \frac{\mu_1}{\mu_0}; D_0 = \left[\frac{3a_0^2 - 4b_0^2}{b_0^2} \left(1 + k_0 \frac{a_0^2}{3a_0^2 - 4b_0^2} \right) \right]^{-1}, \quad (15)$$

а скорость волны сжатия отличается от C_0 :

$$c_1^2 = c_0^2 \left[\frac{1 + k_0 a_0^2 (3a_0^2 - 4b_0^2)^{-1}}{1 + k_0 b_0^2 (3a_0^2 - 4b_0^2)^{-1}} \right]. \quad (16)$$

Уравнение (13) отличается от (14) наличием смешанной второй производной от W по t и z . Даже из уравнения (13) видно, что окружающая среда не винклеровская, а является средой, описываемой моделью Фойгта при исследовании вязких свойств. Кроме того, формулы (15) и (16) позволяют определять входящие в (13) коэффициенты от параметров стержня и среды, а также от радиуса стержня r_0 . Из уравнения (12) нетрудно вывести уравнения более высокого порядка по производным и более точно оценить влияние окружающей среды.

Литература

1. Никитин Л. В. Продольные колебания упругих стержней при наличии сухого трения // Изв. АН СССР. Сер. МТТ. 1978. № 6. С. 137 – 145.
2. Сахарова А. С. Продольные волны в вязкоупругом стержне с сухим трением на границе // Вестник МГУ. Сер. 1. Математика, механика. 1984. № 5. С. 53-57.
3. Филиппов А. Н. Распространение волн в упругом стержне, окруженном средой типа Винклера // Вестник МГУ. Сер. 1. Математика, механика. 1983. № 1. С. 74-78.
4. Моделирование взаимодействия балки (пластин, плит, полос) переменной толщины, лежащей на неоднородном основании. Общие уравнения. Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, №1 (60), Алматы: 2009. – С. 48–53.
5. Моделирование взаимодействия балки (пластин, плит, полос) переменной толщины, лежащей на неоднородном основании. Приближенное уравнение. Вестник КазНУ им. Аль-Фараби, №2 (61), Алматы: 2009. – С. 51–55.
6. Филиппов А.Н. распространение волн в упругом стержне, окруженном средой типа Винклера // МГУ. Сер. I. Математика, механика. 1983. № 1. С. 74-78.

Abstract. In this article, the developed approach is used to derive equations for the oscillation of round rods, taking into account the viscosity of the rod material, the influence of the environment and temperature. Equations of oscillations of a circular rod are obtained. When describing a rod in a deformable medium, three contact conditions are considered: the absence of friction (smooth contact), the friction between the core and the medium according to the Coulomb law, and a rigid contact.

Key words: dynamic interaction, oscillations, rod, environment, friction, hard contact.