

ISSN 1999-9801



АУЭС

Образован в 1975

Алматы энергетика және
байланыс университетінің
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Алматинского университета
энергетики и связи

4(8) 43

2018

В Е С Т Н И К

**АЛМАТИНСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

№ 4(8) (43)

2018

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

Алматы



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
#БУДНИАУЭС

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Сугирбекова А., Бахтияр Б.Т., Әкімбек Г.Ә., Отынчиева М., Қапар Д.М.

ЖЭО- зиянды шығуларды басу және азайту әдістері.....5

Достияров А.М., Кибарин А.А., Наурыз Б.

Микрофакельное сжигание топлива и микрофакельное устройство со встречно–закрученными течениями.....16

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Егзекова А.Т., Койшибаева К.Ж., Калиев Ж.Ж.

Токалуды анаморфты кескіндердің көмегімен зерттеу.....24

Куандыкова А.А., Искаков А.К., Утегулов Н.И.

Обеспечение энергетической независимости южных областей Казахстана на базе строительства второй цепи ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Ташкент.....32

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Ефремова Ю. И.

Оптимальное управление системой электропривода ПЧ-АД.....41

Хидолда Е., Саден Б.

Система регулирования электроприводом тележки мощного мостового крана в продольной и поперечной осях.....48

Дараев А. М., Джулаева Ж.Т., Касымова А.Е., Садвокасова Ж. Д., Бельчич Л.С.

Определение оптимального управляющего воздействия системой тиристорный преобразователь напряжения с обратными связями по скорости и напряжению с помощью метода принципа максимума.....56

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Исмаил Е.Е., Утелиева Н.К

Анализ особенностей и требований к качеству программных средств космического назначения.....66

Искакова А.К., Бекмурат О.

Распределенная рекомендательная система на АРАСНЕ SPARK.....72

Нусибалиева А., Султан А., Балбаев Г. Робототехникалық жүйелерге енгізу үшін адаптивті сүзгі негізіндегі жасанды көріністерді зерттеу.....	80
Грищенко В.Ф., Аскарулы К., Толендиулы С., Баден А. С. Интенсивность распределение сбоев бортовой электронной аппаратуры по траекторий космических аппаратов различного назначения.....	91
РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА	
Оразалиева С.К., Якубова М.З. Моделирование и исследование характеристик беспроводных сенсорных сетей- ZigBee на основе пакета прикладных программ OPNET Modeler 14.5.....	95
Есбукенова К.А., Болатбек С.Б. Технология локации при наклонно-направленном методе бурения.....	103
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ	
Масанова А.Ж. Деформация сборной обделки и окружающей среды при их упругом взаимодействии.....	109
ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ	
Сулейменов И.Э., Байкенов А.С., Байпакбаева С.Т., Абишева Т.А. Принципы построения проектно-ориентированных лекционных курсов.....	112

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Сугирбекова А., Бахтияр Б.Т., Әкімбек Г.Ә., Отынчиева М., Қапар Д.М.

Алматы Энергетика және Байланыс Университеті, Алматы, Қазақстан

ЖЭО-ДАҒЫ ЗИЯНДЫ ШЫҒУЛАРДЫ БАСУ ЖӘНЕ АЗАЙТУ ӘДІСТЕРІ

Аннотация. Зиянды компоненттердің халықтың денсаулығына, флораға және фаунаға, объектілер мен құрылыстарға теріс әсері шығулары көздеріне іргелес аумақтармен шектелмейді, ол жүздеген және мың километрге таралады. Сондықтан қазіргі уақытта қоршаған ортаның ластануы жаһандық сипатқа ие болып отыр, ал оны қорғауға жұмсалатын шығындар экологиялық зардабын тигізеді. 2050 жылға қарай бүкіл әлем бойынша көмір және табиғи газ сияқты пайдалы қазбаларды пайдаланатын жылу электр станциялардың қуаты екі есе артады деп күтілуде. Сонымен қатар жаһандық жылынудың әсерінен CO₂ шығаруларын азайту технологиясы талап етіледі. Бұл ғылыми жұмыста электр станцияларында және газ турбиналы аралас электр энергиясын өндіретін әлемдік деңгейлердегі аса жоғары қысым сияқты технологиялар қарастырылған. Бұл баяндамада жылу энергиясын өндірісте өңдеу кезіндегі көміртектің энерготиімділігі мен практикалық қолдануы, яғни көміртеkte ұстау мен сақтау үрдістері түсіндіріледі.

Кілтті сөздер: сегрегация, энергия, генерация, газдандыру, сепарация, жаһандық жылыну, турбина, жылу генерациясы, түрлендіру тиімділігі.

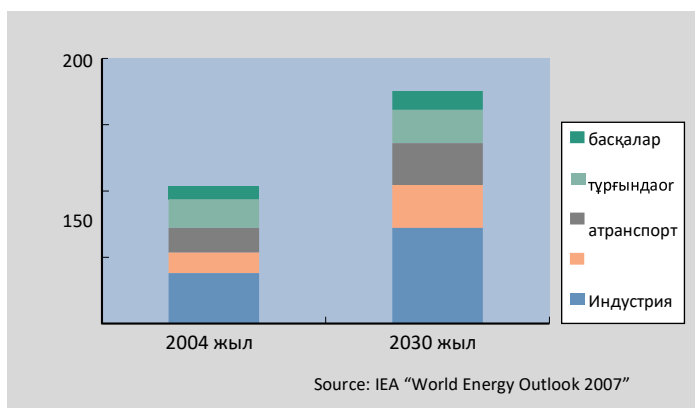
Кіріспе

Халықаралық энергетикалық агенттіктің болжауынша 2030 жылға қарай өмір сүру деңгейінің нәтижесінде және халық санының өсуіне байланысты (2030 жылға қарай 6,5 млрд) энергетиканы пайдалану 60% өседі (2-суретті қараңыз).

Осы энергияны пайдалану негізінде барлық әлемдік Экономикалық ынтымақтастық және даму ұйымымен жан басына шаққандағы энергия өндіруі 3-суретте көрсетілген (ЕЭЫДҰ). ЕЭЫДҰ мүше болатын мемлекеттерде күнделікті өмірінде энергия көзі газ және электр тогы, ал ЕЭЫДҰ мүше болмайтын мемлекеттерде энергия көзі ретінде ағаш отыны (жылыту, тамақ дайындау).

ХЭА мәліметтері бойынша, 1,6 миллиард адамдар электр энергиясын пайдалана алмай отыр, алайда Қытайда және басқа да дамушы мемлекеттерде, электр жүйелерінде, жан басына шаққандағы тұрмыстың энергия тұтыну жоғары болуының нәтижесінде өмір сүру деңгейі көтеріледі.

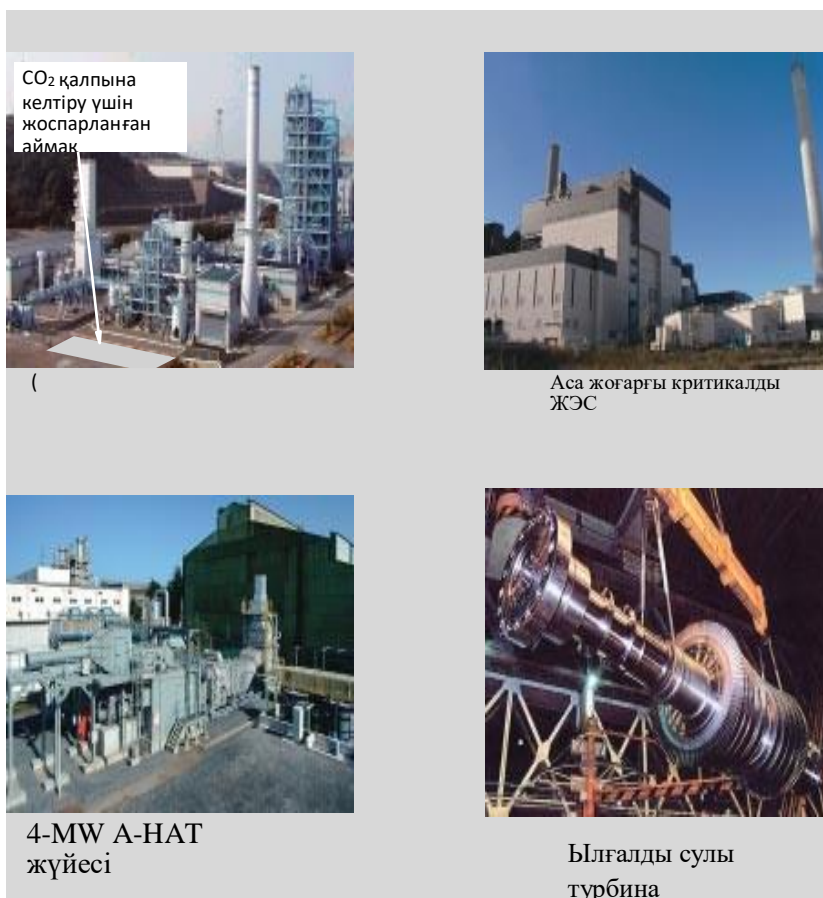
Алайда, жаһандық жылыну процесін күн энергетикасы қадалағайды деп болжамданып отыр, статистикалық мәліметтерге сүйенсек 2004 жылмен салыстырғанда олардың үлесі 2030 жылға дейін 10 есе өседі жалпы өндірілетін энергияның үлесінің 7% қамтиды. Энергияны өндіру үшін 70% қазба отындарына тиесілі болады. Жаһандық жылыну кешігуінің нәтижесінде Атом энергетикасы да үлкен үлес қосады. Алайда атом ресурстарын қазіргі бағалар негізінде өндіру 80 жылға жетеді. Жеңіл сулы реакторларды тез сулы реакторларға ауысуын ескере отырып, осы үрдістің негізінде уран ресурстарын 50 есе тиімдірек пайдалануға болады. Алайда бұл үрдіс 2050 жылға дейін дамымайды. Демек, энергия көзі ретінде өазба отынына тіреу жасау керек. Сондықтан газ тәрізді шығаруларды азайту және басу әдістерінің технологияларын дамыту қажет.



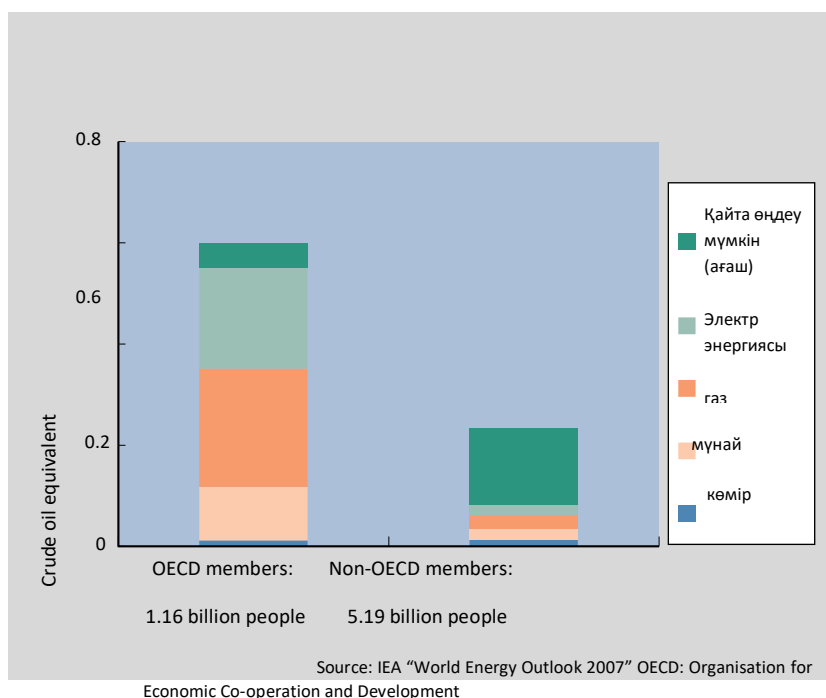
2 сурет. Энергия тасығыштарға әлемдік сұраныстың өсуі болжануда. 2030 жылға қарай энергияны әлемдік тұтынуы шамамен 1,6 есе өседі. Мұнай баламасы

2050 жылға қарай бүкіл әлем бойынша көмір және табиғи газ сияқты пайдалы қазбаларды пайдаланатын жылу электр станциялардың қуаты екі есе артады деп күтілуде. Сонымен қатар жаһандық жылынудың әсерінен CO₂ шығаруларын азайту технологиясы талап етіледі. Бұл ғылыми жұмыста электр станцияларында және газ турбиналы аралас электр энергиясын өндіретін әлемдік деңгейлердегі аса жоғары қысым сияқты технологиялар қарастырылған. Бұл баяндамада жылу энергиясын өндірісте өңдеу кезіндегі көміртектің энерготімділігі мен практикалық қолдануы, яғни көміртекте ұстау мен сақтау үрдістері түсіндіріледі.

Hitachi Group жылу энергетикалық технологиялары жаһандық жылынуды тежеуге ықпал етеді.



1 сурет. Жылу энергиясын өндіруден CO₂ шығарындыларын азайту үшін (әлемдік энергетикалық саладағы басты күш), Hitachi компаниясы көмірді іс жүзінде қолданумен айналысады-энергетиканы газдандыру, электр энергиясын өндірудің ультра-аса сындарлы қысымын дамыту, газтурбиналық жылу-энергетикалық тиімділікті жетілдіру және CO₂ басып алуға қабілетті көмір - энергетикалық жүйелерді дамыту.



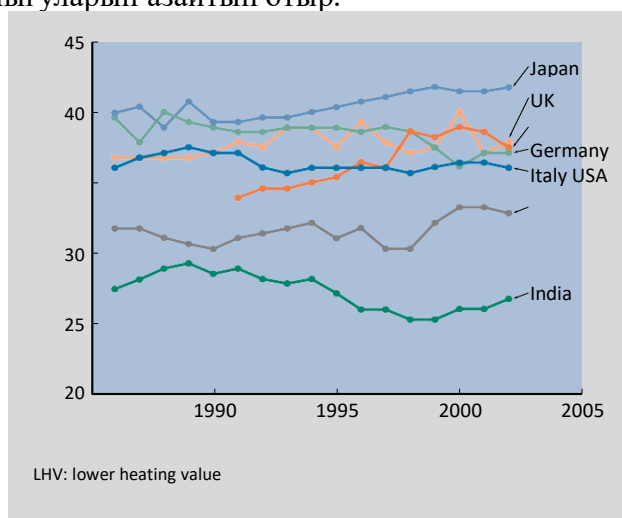
3 сурет. Халықтың жан басына шаққандағы энергияны тұтыну. ЭЫДҰ мүшесі болып табылмайтын елдердің электр энергиясын тұтынуы болжамдар бойынша айтарлықтай артады.

Көмір негізінде электр энергиясын өңдеу.

Көмір негізінде жылу энергиясын өндіру кезінде булық циклдың температурасы мен қысымын жоғарылату кезінде максималды деңгейге жетеді. Алайда жоғары температуралар конструкцияның беріктіліктің және жүгірткіліктің төмендетеді, жылулық ұлғаю жүзеге асады, жоғарғы қысым структураның тиімділігін азайтады сұйықтықтың асуы және деформация арқылы. Нәтижесінде жоғарғы температура және жоғарғы қысымды цикл негізінде серпілістер пайда болады.

Жапонияда 1980 мен 2000 жылдар аралығында 600°C-классты қысымдау USC (ультра аса жоғары критикалы) технологиялардың пилоттық жобалау зерттеген. Осы жағдайларға сәйкес жоғары беріктілікті ферритті пайдалана отырып конструкция әдістері және жылу тарату әлемдік деңгейге жақсартылған болатын.

4-суретте (ХЭА мәліметтері бойынша) көмір ПӘК-ң генерациясының елдер арасында салыстырылуы келтірілген. Жоғары аса критикалы технологияларды Солтүстік Американың кейбір қалалары пайдалануда, осы технологияның арқасында CO₂ шығуларын азайтып отыр.



4 сурет. Бірқатар елдерде көмір Жылуэнергетикасының тиімділігі.

600C сыныбының ұлттық жобасына қол жеткізу ретінде Жапониядағы көмірдегі жылу энергиясын өндіру тиімділігі 1990 жылдан бері әлемдегі ең жоғары болды

CO₂ қалпына келтіруі бар көмір мен газдандырудың біріккен генерациясын жобалау. Көмір-газды генерациялау жүйесі электр энергиясын генерациялаудың біріктірілген жүйесі болып табылатын IGCC (integrated coal-gasification combined cycle) жүйесі жаңа

ұрпақтың жоғары сапалы электр энергиясын өндіретін перспективалы кандидаты болып табылады, ол газ турбиналық отынды ішінара өндіреді, көмірді тотықтандырады және бу турбинасына шығарылған газдың қызуын қалпына келтіреді.

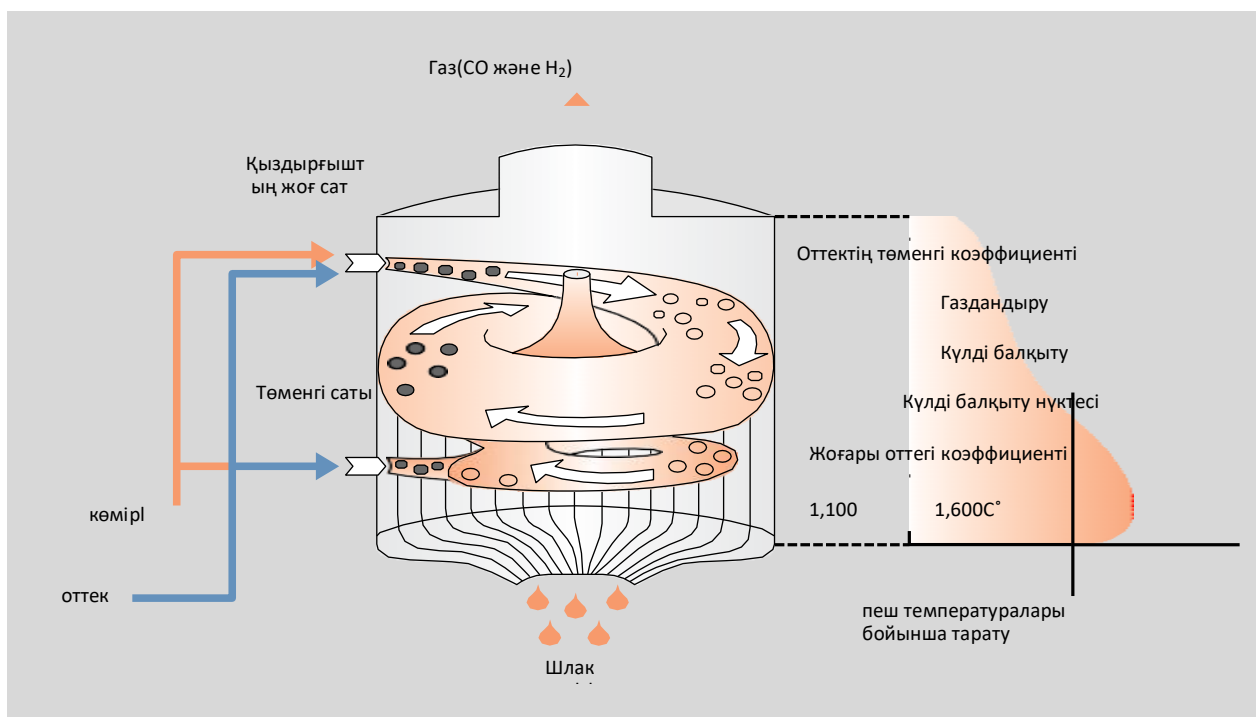
Сонымен қатар, Еуропада THERMIE жобасы [көмір үшін жылу электр станцияларын таргеттеуді әзірлеу 50% пайдалану тиімділігі-USC (алдын ала ультра бу генерациялау технологиясы (35 МПа, 700°C және одан да көп)] 1998 жылы басталды.

Осы жобаның қатысушысы ретінде ферриті қазандықтарды қолдануда Германия іс жүзінде ұмтылады. Қазіргі уақытта ферритті қазандарды қолдану шегі 650°C астында USC технологиясымен қолданылатын болат, жәнебуды 700°C-тан жоғары ұстау арқылы қазандарды пайдалану .Осы сияқты Никель құймаларын турбиналарында қолданылады. Алайда никельді құймалар температураның өзгеруінен материалы тұрақты емес жеңіл бола бастайды. Никель негізіндегі газ турбиналық материалдар ретінде құю қорытпалары (материалдарда жоғары беріктікке жетеді салмағы бірнеше килограмм) үлкен материалдар үшін қажетті конструкцияның беріктігін қанағаттандыра алмайды, қазандықтарда, турбиналарда никельдің қоспаларын тиянақты өлшеу талап етіледі. Еуропада он жыл өтсе де, содан бері Никел - негізгі құю қорытпасы пайдаланып келе жатыр, материал қазіргі уақытта нақты құбырлардың будың әсерінен мен клапандардың қасиеттері зерттелуде. Жапонияда 700°C-class A-USC зауытын дамыту үшін, «суық жер 50» жоспары қабылданды. Алдын ала тергеу шеңберінде Никелге негізделген жоба, Ротор материалы. Құю қорытпасы-Феникс-700 деп аталады-не болуы мүмкін 700°C үшін қолданбалы-а-USC түрі басталды Феникс 700 дің ешқандай сегрегациясы жоқ, ол біртұтас конструкция.

CO₂ қалпына келтіруі бар көмір мен газдандырудың біріккен генерациясын жобалау.

Көмір-газды генерациялау жүйесі электр энергиясын генерациялаудың біріктірілген жүйесі болып табылатын IGCC (integrated coal-gasification combined cycle) жүйесі жаңа ұрпақтың жоғары сапалы электр энергиясын өндіретін перспективалы кандидаты болып табылады, ол газ турбиналық отынды ішінара өндіреді, көмірді тотықтандырады және бу турбинасына шығарылған газдың қызуын қалпына келтіреді.

2001 жылдан бастап көмірді газдандырудың көпфункционалды технологиясын дамыту үшін EAGLE жобасына қатысқан Hitachi көмірді газдандыру жүйелері бойынша жедел зерртеу жұмыстарымен айналысады. Газдандыру пештерінде оттегі газы (ауабөлгіштен алынған) шаңды көмірді тасымалдайтын пешке жіберіледі, онда ол бұралады (6-суретті қараңыз). Көмір және оттегі жоғары және төменгі қыздырғыштардан жеткізіледі, онда оттегі қатынасы жеке бақыланады. Төменгі деңгейдегі оттегі мөлшері бекітіледі. Сонымен қатар, пештегі температура күлдің ағу нүктесіндегі температурадан жоғары болады, осылайша керек емес агрегаттардың балқытылуы артады. Жоғары деңгейдегі оттегінің мөлшері азаяды, сондықтан бүкіл газификацияланған пештердегі оттегі концентрациясы оңтайландырылады. Бұл процесте оттегі көмірдің түрі бойынша дұрыс бөлінеді, осылайша жоғары тиімді газдандыруды қамтамасыз етеді. EAGLE жобасының жүргізген сынақтары (күніне 150 тонна көмірді беру мөлшерлемесі бар) әлемдегі жетекші көрсеткіштермен көрсетілген (1-і кестені қараңыз).



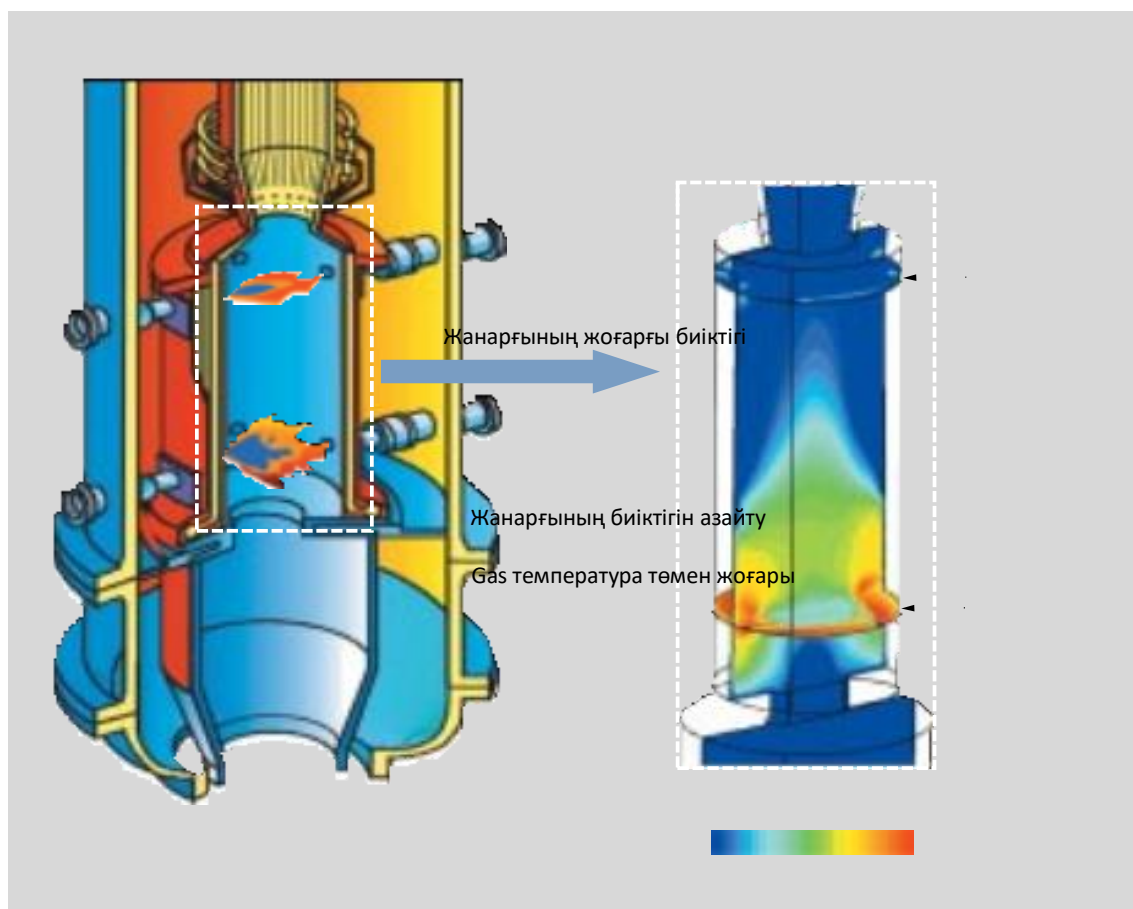
6 сурет. Көмірді газдандыру тұжырымдамасы.

Бұралған ағындағы астық дисперсиясы бақыланады және көмірдің барлық түрлері үшін оттегін тиісті жеткізу қамтамасыз етіледі.

1 кесте. Газдандыру және газ тазалау бойынша "EAGLE" тәжірибелік қондырғысының пайдалану көрсеткіштері

	Элемент	Құрамы	Пайдалану көрсеткіштері
Газдандыру	Түрлендіру тиімділігі	Суық газ тиімділігі	□ 82%
		Көмірді газдандыру тиімділігі	□ 99%
	Сенімділік	Ұзақ мерзімді үздіксіз жұмыс	1,015 сағ.
	Жұмыс қабілеттілігі	Мульти көмірді реттеу	5 реттеу типі
Газ тазалау	Жою өнімділігі	H ₂ S және COS жою Шаң жою Галоген және NH ₃ жою	< 1 ppm < 1 mg/Nm ³ < 1 ppm

Коммерциялық қондырғыларды жобалау үшін сандық модельдеу ауқымды жұмыстарға бағытталған техникалық дамуды жалғастыру үшін маңызды элемент болып табылады. Осылайша Hitachi дәлдікті жақсартады (яғни қысыммен/ қалыпты қысыммен пеште газдандырудың негізгі сынағының нәтижелері газдандыру реакциясын модельдеуде көрінеді), масштабталу мәселесін анықтайды және өнеркәсіптік өлшемдегі қондырғылардың сенімділігін растайды (7-ші суретке қараңыз).



IGCC технологиясы CO_2 -ні газ турбинасына кірмей тұрып жоғары қысымды газдан шығарып тастауы мүмкін, сондықтан CO_2 -і алу үшін тамаша үйлесімдікке жетеді деп күтілуде. IGCC үшін EAGLE жобасына қатысты әлемдегі алғашқы озық пилоттық CO_2 жою қондырғысы сыналады. Газдандыру пештерінен, газ скрубберлерінен, ауа бөлушіден, газ турбиналарынан, CO_2 жұтқыштан, регенерациялау жабдығынан және т.б. тұратын жүйе аумағы 450 м^2 алаңға орнатылған.

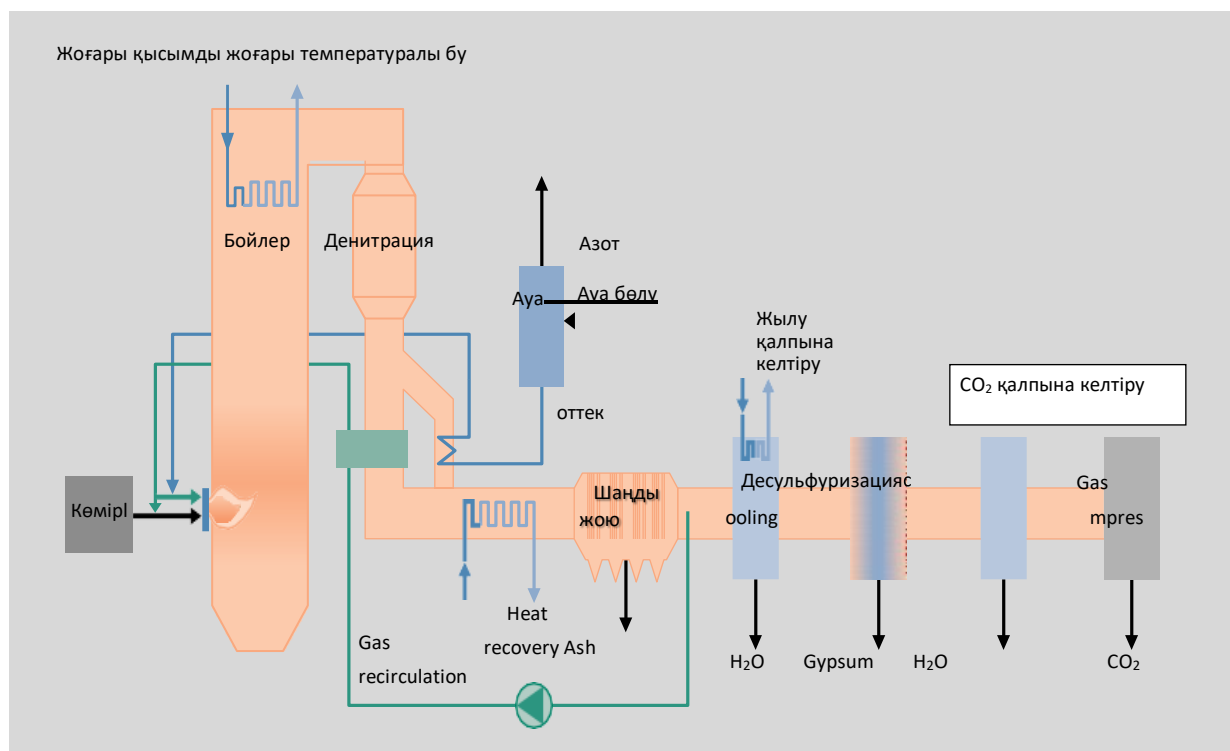
Жоғары қысымды газ (2.3 МПа) H_2S абсорберінен $1000 \text{ Нм}^3/\text{с}$ кезінде алынады, ал газдағы CO “жылжыту реакциясы” арқылы CO_2 айналады. Содан кейін газ (негізгі ингредиент CO_2 және сутегі болып табылатын) химиялық сіңірі арқылы CO_2 қалпына келтіру қондырғысында өңделеді (8-суретті қараңыз). Осы сәттен бастап біз шығынды азайтуға және коммерциялық кластағы CO_2 -і жою қондырғысының тиімділігін арттыруға бағытталған ноу-хау-ды көбейтеміз.

Оттекті-отындық көмірлі жылу жүйелі электр станциясы

Қарапайым электр станциясы көмірді оттеппен жағады, көміртекті қалпына келтіру үшін, газдық қалдықтардан CO_2 мен азотты бөліп алу керек. Оттекті жану әдісінде азот жанар алдында ауадан бөлініп шығады, осыдан негізгі компоненттер ретінде CO_2 мен H_2O . Жану камерасында оттек концентрациясы мен температураны реттеу CO_2 жою арқылы жүзеге асады. Жүйе практикалық көмір электр станцияларын еске салады. Атап айтқанда, Германияда, демонстрация ретінде оттекті отынды жағуды тестілеу және негізгі отын ретінде Hitachi Power Europe еуропалық жобаларының қатысушысы GmbH охуfuel үшін жүйелік жобаларды жүзеге асырады. Hitachi іргелі зерттеулер саласында CO_2

шығарындыларын азайту жөніндегі бірлескен декларациялар алмасылды жай-күйі бар жылу электр станцияларындағы технология Nordrhein-Westfalen Германияда бірлескен ірі университеттермен зерттеу жүргіліп жатыр. Бұдан басқа, RWTH-Aachen University-мен ынтымақтастық, бұлқамыр пешін бірлесіп пайдалану жоспарлануда университет, жану туралы негізгі деректерді алу, және сандық талдау технологиясын жақсартылуда.

8сурет. Eagle тәжірибелі зауыты. 1.000 Nm³/h Газ алынуы бар жабдықтар мен CO₂ қалпына келтіру өнімділігі расталған.

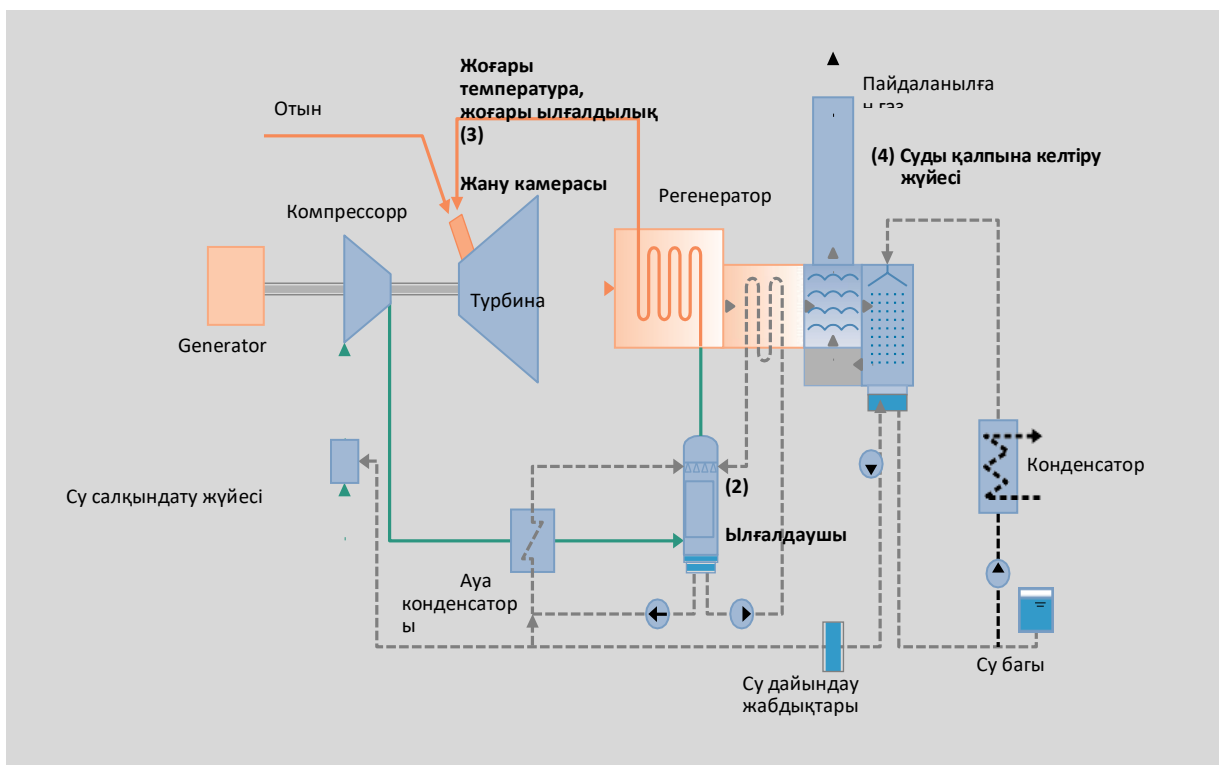


ГАЗ ТУРБИНАЛЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРҒА ҚАТЫСТЫ КҮШ-ЖІГЕР ЖЫЛУ ГЕНЕРАЦИЯСЫ

Газтурбиналық инновациялар арқылы циклдің энергия генерациясы сұлбасы, (ылғалды ауаның алдын ала турбинасы)CO₂ шығарындыларын азайту және жоғары тиімділікке қол жеткізу. А-НАТ конфигурациясы 11 суретте келтірілген.

Ылғалды ауа бұл жүйедерециркуляцияны орындайды. Су салқындату жүйесіндекомпрессордың кірісі және басты газ бен ауаны ылғалдаушы (регенератордан жоғары орнатылады)). Ылғалдысу-құтқару жүйесі, сондықтан қосымша қоректік су азайған. Сол шығу күші жәнежүйенің біріктірілген циклінің тиімділігі газ турбинасында-бу турбинасын пайдаланбай жүзеге асады. Бұл жүйенің ерекшеліктері зауыттың қарапайым конфигурациясы және оңай басқару қызметі жану камерасынан төмен лақтыру NOx үйлесімінде. 2004 жылдан бастап агенттіктің гранттық жобасы ретіндеТабиғи ресурстар мен энергетика үшін, жинақы 4-МВтжүйелер зауыты-әзірлеу сатысындағы тексеру, ал 2007 жылдың наурызында ол 3985 Шығыс қуатына жетті кВт. Үлкен термиялық тиімділік 40 LHV (төменжанудың мәні) және комбастор NOx сәулеленуі10 ppm-ден төмен болғаны расталды. Суды қайта қалпына келтіру көлемі 12.. Біздің

жоспарымыз-тәжірибені жалғастыру ұсыну, сенімділік және экономикалық тиімділікті жақсарту.



11 сурет. А-НАТ жүйесінің жоспары. Аралас циклде бірдей тиімділікке жетті жеке газ турбинасы

Қорытынды

Атмосфераға арналған жылуэнергетиканың басты қаупі көміртекті отындарды жағу атмосфераға шығарылатын көміртекті CO₂ қос тотығының пайда болуына әкеледі және парникті әсердің пайда болуына ықпал етеді.

Осылайша, атмосфераны жылу шығарындыларынан қорғау газ шығарындыларының көлемін азайтуға және оларды тазартуға бағытталуы және келесі іс-шараларды қамтуы тиіс:

- газ шығарындыларының көлемін шектейтін және оны кәсіпшілік газ жинау желісіне беру әдістерін, тәсілдері мен құралдарын қолдану;
- авариялық жағдайларда төгілетін газдың толық жануын қамтамасыз ететін алау құрылғыларын пайдалану;
- жобаланатын нысандармен және құрылыстармен экологиялық нормативтердің сақталуын қамтамасыз ету;
- авариялық жағдайларда қауіпті учаскелерді герметикалауға және осы буынды Факель жүйесіне разрядтауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін мұнай өңдеуде технологиялық ағындарды Автоматты бұғаттау жүйесін қолдану;
- экологиялық таза отын түрлері мен оны төмендету режимдерінің пайдасына жылу энергетикалық қондырғыларының отын режимдерінің барынша ықтимал өзгеруі;

Бұл баяндамада Hitachi-дің CCS технологиясын жоғары тиімділікке және практикалық қолдануға қол жеткізу технологиясы сипатталады және жылу энергиясын өндіру саласындағы зерттеулер мен әзірлемелердің ағымдағы жай-күйі түсіндіріледі.

Жылу электр станцияларының технологияларын дамыту үшін экономикалық тиімділік және ұзақ мерзімді сенімділігін тексеру сияқты міндеттерді шешу қажет.

Қазіргі уақытқа дейін жинақталған жылу электр станцияларын әзірлеу тәжірибесіне сүйене отырып және сандық талдаудың озық технологияларын толық көлемде пайдалана отырып, тиімді жылу электр станцияларын әзірлеуді және CO₂ шығару технологиясын коммерцияландыруды жалғастырады. Нәтижесінде, біз жаһандық жылынудың болашағын жеңілдетуге көмектесетін басталған өнімдердің сенімділігін жақсартуға бағыттаймыз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Коробкин, В.И. Экология и охрана окружающей среды: Учебник / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. - М.: КноРус, 2013. - 336 с.
2. Егоренков, Л.И. Охрана окружающей среды: Учебное пособие / Л.И. Егоренков. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с.
3. Беляев, В. С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 400 с.
4. Сотников, А. Г. Процессы, аппараты и системы кондиционирования воздуха и вентиляции. Теория, техника и проектирование на рубеже столетий. В 2 томах. Том 2. Часть 2 / А.Г. Сотников. - М.: АТ-Publishing, 2007. - 514 с.
5. Формалев, В. Ф. Тепломассоперенос в анизотропных телах при аэрогазодинамическом нагреве / В.Ф. Формалев, Е.Л. Кузнецова. - М.: МАИ-Принт, 2010. - 308 с.
6. Яковлев, Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения / Б.В. Яковлев. - М.: Новости теплоснабжения, 2008. - 448 с.
7. Соколов, Б. А. Контрольно-измерительные приборы и автоматика котлов / Б.А. Соколов. - М.: Академия, 2012. - 929 с.
8. R. Peltier et al., "MidAmerican's Walter Scott, Jr. Energy Center Unit 4 Earns POWER's Highest Honor," Power 151, No. 8, pp. 28–36 (2007).
9. H. Kuroki et al., "Development of Elemental Technologies for Advanced Humid Air Turbine System," ASME Turbo EXPO 2006.
10. Лисиенко, В. Г. Плавильные агрегаты. Теплотехника, управление и экология. Справочное издание. В 4 книгах. Книга 4 / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. - М.: Теплотехник, 2005. - 560 с.
11. Голицин А.Н. Промышленная экология и мониторинг окружающей среды – М.: ИРПО, 2007
12. Арустамов Э.А., Левакова И.В., Баркалова Н.В. Экологические основы природопользования. - М., 2001

REFERENCES

1. Korobkin, V.I. Ekologiya i ohrana okruzhayushey sredy: Uchebnik / V.I. Korobkin, L.V. Peredelskiy. - M.: KnoRus, 2013. - 336 p. (in russian).
2. Egorenkov, L.I. Ohrana okruzhayushey sredy: Uchebnoe posobie / L.I. Egorenkov. - M.: Forum, NITs INFRA-M, 2013. - 256 p. (in russian).
3. Belyaev, V. S. Energoeffektivnost i teplozaschita zdaniy / V.S. Belyaev, Yu.G. Granik, Yu.A. Matrosov. - M.: Izdatelstvo Assotsiatsii stroitelnykh vuzov, 2014. - 400 p. (in russian).
4. Sotnikov, A. G. Protsessyi, apparaty i sistemy konditsionirovaniya vozduha i ventilyatsii. Teoriya, tehnika i proektirovanie na rubezhe stoletiy. V 2 tomah. Tom 2. Chast 2 / A.G. Sotnikov. - M.: AT-Publishing, 2007. - 514 p. (in russian).
5. Formalev, V. F. Teplomassoprenos v anizotropnykh telakh pri aerogazodinamicheskom nagreve / V.F. Formalev, E.L. Kuznetsova. - M.: MAI-Print, 2010. - 308 p. (in russian).
6. Yakovlev, B. V. Povyshenie effektivnosti sistem teplofikatsii i teplosnabzheniya / B.V. Yakovlev. - M.: Novosti teplosnabzheniya, 2008. - 448 p. (in russian).
7. Sokolov, B. A. Kontrolno-izmeritelnyye pribory i avtomatika kotlov / B.A. Sokolov. - M.: Akademiya, 2012. - 929 p. (in russian).
8. R. Peltier et al., "MidAmerican's Walter Scott, Jr. Energy Center Unit 4 Earns POWER's Highest Honor," Power 151, No. 8, pp. 28–36 (2007). (in english).
9. H. Kuroki et al., "Development of Elemental Technologies for Advanced Humid Air Turbine System," ASME Turbo EXPO 2006. (in english).
10. Lisienko, V. G. Plavilnyye agregaty. Teplotehnika, upravlenie i ekologiya. Spravochnoe izdanie. V 4 knigah. Kniga 4 / V.G. Lisienko, Ya.M. Schelokov, M.G. Ladygichev. - M.: Teplotehnik, 2005. - 560 s. (in russian).
11. Golitsin A.N. Promyshlennaya ekologiya i monitoring okruzhayushey sredy – M.: IRPO, 2007 (in russian).
12. Arustamov E.A., Levakova I.V., Barkalova N.V. Ekologicheskie osnovy prirodopolzovaniya. - M., 2001 (in russian).

МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ И УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ НА ТЭЦ

Сугирбекова А., Бахтияр Б.Т., Әкімбек Г.Ә., ОтынчиеваМ., Қапар Д.М.
Алматинский Университетет Энергетики и Связи, Алматы, Казахстан

Аннотация. Негативное воздействие вредных компонентов на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территориями, прилегающими к источникам выхода, которые распространяются на сотни и тысяч километров. Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды носит глобальный характер, а затраты на ее охрану оказывают экологические последствия. Ожидается, что к 2050 году мощность тепловых электростанций по всему миру, использующих такие полезные ископаемые, как уголь и природный газ, увеличится в два раза. Кроме того, требуется технология снижения выбросов CO₂ от воздействия глобального потепления. В этой научной работе предусмотрены такие технологии на мировом уровне, как высокое давление на электростанциях и, вырабатывающее комбинированную газотурбинную энергию. В данной работе объясняется энергоэффективность и практическое применение углерода при производстве тепловой энергии, процессы содержания и хранения углерода.

Ключевые слова: сегрегация, энергия, генерация, газификация, сепарация, глобальное потепление, турбина, тепло генерация, эффективность преобразования.

METHODS OF SUPPRESSION AND REDUCTION OF HARMFUL EMISSIONS TO THE HPC

Сугирбекова А., Бахтияр Б.Т., Әкімбек Г.Ә., ОтынчиеваМ., Қапар Д.М.
Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Almaty, Kazakhstan

Annotation. The negative impact of harmful components on the health of the population, flora and fauna, objects and structures is not limited to the territories adjacent to the sources of output, which extend to hundreds and thousands of kilometers. Therefore, at present, environmental pollution is global in nature, and the costs of its protection have environmental consequences. By 2050, the capacity of thermal power plants around the world using minerals such as coal and natural gas is expected to double. In addition, technology is required to reduce emissions of bark CO₂ from the effects of global warming. In this scientific work, such technologies as high pressure in power plants and at the world level, producing combined gas turbine energy, are provided. This report explains the energy efficiency and practical application of carbon in thermal energy production, i.e. carbon storage and storage processes.

Keywords: segregation, energy, generation, gasification, separation, global warming, turbine, heat generation, conversion efficiency.

УДК 662.951

Достяров А.М.¹, Кибарин А.А.², Наурыз Б.²

¹КАТУ им.С.Сейфуллина, ²АУЭС, г.Алматы, Республика Казахстан

МИКРОФАКЕЛЬНОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА И МИКРОФАКЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО СО ВСТРЕЧНО–ЗАКРУЧЕННЫМИ ТЕЧЕНИЯМИ

Несмотря на ограниченный объем экспериментальных данных по применению микрофакельного сжигания в ГТД, различными авторами отмечаются следующие положительные качества данного метода: низкие потери напора газа, уменьшение габаритов конструкций, пониженные неравномерности температурного поля на выходе из КС, низкие показатели выхода оксидов азота с продуктами сгорания, уменьшенные радиационные потери.

Будучи еще известной с середины двадцатого века, технология микрофакельного сжигания начала привлекать внимание ученых относительно недавно. В настоящее время существует несколько основных направлений микрофакельного сжигания, однако у всех есть одно общее – это «размазывание» факела по фронту и объему горения. Поэтому важное значение для современных камер сгорания имеет конструкция фронтального устройства.

Микрофакельное сжигание, микрофакельное устройство, встречно–закрученные течения.

Микрофакельное сжигание газообразного топлива впервые встречается в работе [1], далее оно развито для ГТД в работах Христича В.А., Пчелкина Ю.М., Сударева В.В. и др. [2,3,4].

Проведенный анализ современных методов и конструкций камер сгорания дает возможность проанализировать и поставить основные требования к ним. Согласно [5] современные камеры сгорания газотурбинных двигателей должны соответствовать следующим критериям:

- высокий коэффициент полноты сгорания топлива. Современные КС должны иметь $\eta_c = 98,5 \div 99,5\%$;
- малые гидравлические потери давления;
- высокую теплонапряженность рабочего объема;
- малую температурную неравномерность температур на выходе из КС, для обеспечения надежной работы турбины;
- быстрый и надежный пуск и стабильную работу по всем диапазонам нагрузок;
- долговечность конструкций, высокую надежность;
- отсутствие дыма, нагара и токсичных веществ.

Анализ разных способов и принципов горения в микрофакельных устройствах и многогорелочных камерах сгорания, показал особенности микрофакельного сжигания, который может максимально близко приблизиться к требованиям предъявляемым к камерам сгорания ГТД представленных выше. Микрофакельное горение является разновидностью зонного горения.

Анализ основных причин образования оксидов азота в различных устройствах и перспектив развития энергетики показал, что традиционные способы сжигания топлива не обеспечивают требуемых параметров по токсичности. Повышения теплонапряженности рабочего объема и эффективности сжигания топлива можно получить при использовании микрофакельного горения, что показано в работе [6].

Несмотря на ограниченный объем экспериментальных данных по применению микрофакельного сжигания в ГТД, различными авторами отмечаются следующие положительные качества данного метода: низкие потери напора газа, уменьшение габаритов конструкций, пониженные неравномерности температурного поля на выходе из

КС, низкие показатели выхода оксидов азота с продуктами сгорания, уменьшенные радиационные потери [7, 8, 9].

Будучи еще известной с середины двадцатого века [8], технология микрофакельного сжигания начала привлекать внимание ученых относительно недавно. В настоящее время существует несколько основных направлений микрофакельного сжигания, однако у всех есть одно общее – это «размазывание» факела по фронту и объему горения. Поэтому важное значение для современных камер сгорания имеет конструкция фронтального устройства.

Развитие поверхности фронта пламени в единице объема зоны горения, рациональное использование этого объема за счет повышения уровня турбулизации реагирующих потоков, совмещение отдельных стадий рабочего процесса и функций компонентов рабочего тела — все это обеспечивает микрофакельное сжигание во встречно-закрученными течениях. Таким образом, практически при одной и той же однородности конструкции фронтального устройства только за счет совершенствования горелочных и воздухонаправляющих устройств, процессов распыления и первичного перемешивания, испарения и воспламенения в каждой единице объема при том же давлении сжигается в единицу времени теперь на порядок больше топлива, чем раньше, а теплоты выделяется около 140-160 вместо 14-20 Вт/(м³-Па).

При переходе от одно- к многогорелочным устройствам, т. е. к принципиальному другому способу сжигания топлива в системе взаимодействующих между собой струйных структур были достигнуты практически те же значения, но длина камеры сократилось приблизительно в 2 раза. Это говорит о решающем влиянии на интенсификацию процесса горения применяемого способа стабилизации факела и сжигания топлива.

Резкое увеличение удельной поверхности фронта пламени возможно лишь при качественном изменении аэродинамической структуры течений во фронтальной части камеры сгорания.

В микромодульных конструкциях фронтальных устройств объемное тепловыделение было повышено еще на порядок по отношению к многогорелочным и достигло 800-1000 Вт/(м³-Па) при экспериментальных исследованиях на полупромышленных моделях[4].

Сокращение продольных размеров рабочей зоны камеры сгорания при большей интенсивности процессов в головной части всегда приводит к уменьшению неравномерности температуры за камерой в случае сжигания топлива во всем потоке воздуха (без разделения его по отдельным трактам), поскольку вторичное смешение практически начинается от фронтального устройства и в основном заканчивается к сечению, в котором завершается выгорание топлива.

Если же в камере предусмотрена отдельная зона вторичного смесеобразования, то в сечении на входе в нее профиль температуры продуктов сгорания всегда будет равномернее за более интенсифицированной зоной горения, что предопределяет и меньшую конечную неравномерность температурного поля.

При более короткой зоне горения значительно уменьшается и поверхность элементов камеры, подверженная воздействию лучистого теплового потока со стороны горящего факела, что позволяет поддерживать более умеренную температуру этих элементов даже при меньшем расходе охлаждающего воздуха. Особенно резко снижается радиационный поток теплоты от факела к стенкам «огневых» элементов при реализации микрофакельного сжигания топлива во всем потоке поступающего в камеру сгорания воздуха[10].

В этом случае горение происходит при среднемассовых температурах, близких к нижней границе диапазона оптимальных температур реакции горения углеводородных топлив, что приводит к благоприятному эффекту снижения температуры пламенных труб. Следует подчеркнуть, что в таких конструкциях камер сгорания максимальную

температуру имеют не пламенные трубы, охватывающие факел с боковых его поверхностей, а обращенные к факелу стенки элементов фронтального устройства - горелок, стабилизаторов, раздающих планок и т. д. Именно эти элементы в первую очередь подвергаются агрессивному коррозионному и тепловому воздействию факела. Поэтому особое внимание конструкторов-проектировщиков фронтальных устройств микрофакельных камер сгорания - должно быть уделено разработке новых конструктивных схем горелочных и стабилизирующих узлов, созданию новых более интенсивных способов их охлаждения (в том числе использующих запасы «холода», содержащиеся в топливе), внедрению стойких антикоррозионных и термостойких покрытий (в том числе на основе керамических конструкционных материалов) и т. д.

С уменьшением длины факела изменяется и диапазон возможных вибрационных режимов горения, он сдвигается в сторону более высоких и менее опасных частот. При одновременном развитии и взаимодействии в зоне горения множества параллельных факелов резко снижается вероятность возникновения регулярных продольных, радиальных или окружных пульсаций, поскольку каждый отдельный факел всегда какими-то геометрическими, аэродинамическими или тепловыми параметрами отличается от соседних, а значит, имеет и другой спектр собственных колебаний. Кроме того, при параллельной работе множества горелок появляется и конструктивная возможность подавления или снижения вероятных колебательных процессов в зоне горения: организация струйных рассекателей, разделяющих зону горения на ряд отдельных участков; введение поперечных перегородок в топливном тракте; неодинаковые расходные характеристики соседних топливных струй и т. д.

Совершенствование газотурбинных установок с микрофакельным сжиганием, все большее значение приобретает возможность получения оптимальной эпюры температуры по высоте лопаток турбины. Оптимальная эпюра, как правило, неравномерна, она имеет максимум, превышающий среднемассовое значение начальной температуры рабочего тела на входе в турбину. Это связано со стремлением разработчиков равномерно нагрузить все сечения лопатки. Естественно, что сформировать нужное радиальное распределение температуры проще всего в многгорелочных конструкциях, особенно с многярусным размещением горелок, т. е. интенсификация рабочего процесса, достигаемая, как правило, за счет дробления факела, всегда сопровождается и большей маневренностью в получении необходимого профиля температуры, в контроле и регулировании температурной неравномерности в окружном направлении, в управлении выходным температурным полем в зависимости от нагрузки установки и т. д.

Отмеченная особенность микрофакельных камер сгорания при конкретных рациональных конструктивных решениях фронтального устройства помогает снизить чувствительность поля температур на выходе из камеры к воздействию на окружную неравномерность препятствий, расположенных в потоке сжатого рабочего тела перед воздухонаправляющими элементами головной части камеры. Некоторые микрофакельные конструкции фронтальных устройств обеспечивают возможность значительного ослабления такого негативного воздействия аэродинамических следов от выше по потоку расположенных препятствий на окружную неравномерность выходного температурного поля камеры сгорания[11,12].

Совмещение первичного смещения, выгорания и вторичного перемешивания, а также проблема управления температурным полем, казалось бы, существенно усложняют конструкцию фронтального устройства камеры сгорания. Но и здесь вполне возможно создание сравнительно простых решений в микрофакельных устройствах, успешно выполняющих перечисленные задачи.

В настоящее время все большее применение получают такие установки, которые отличаются универсальностью использования в различных условиях эксплуатации, не

зависят от климата региона, от характера привода, от наличия в схеме установки регенератора и т. д. Одним из важнейших условий является независимость установки от вида сжигаемого топлива, что связано с разработкой и отладкой многотопливных камер сгорания, т. е. камер сгорания, в которых могут сжигаться (параллельно в любых соотношениях или последовательно) различные виды топлива. При этом переход с одного вида топлива на другой должен осуществляться без остановки агрегата или изменения его режима работы.

ГТУ работают в сложных климатических условиях: температура воздуха изменяется от 5°C зимой до 50 °C летом. ГТУ могут работать на газообразном и жидком топливе, а также на обоих видах топлива одновременно. Переключение с одного вида топлива на другой осуществляется автоматически. Одновременное сжигание разных по химическому и фазовому составу топлив с различными закономерностями выгорания, стехиометрическими характеристиками, температурами реакции горения в текущем сечении и т. д. должно внести соответствующие изменения в работу систем регулирования, управления и защиты агрегата. Кроме того, может оказаться целесообразным введение регулирования расхода первичного воздуха в зависимости от массового соотношения топлив, сжигаемых на данном режиме. Иногда в ГТУ, работающих на низкокалорийном топливе, приходится на некоторых режимах работы (пуск, холостой ход, остановка) добавлять в камеру сгорания высококалорийное топливо с целью улучшения процессов воспламенения и устойчивости факела на этих режимах. При проектировании камер сгорания для сжигания газообразных топлив с различной теплотой сгорания необходимо рассчитывать процессы стабилизации и первичного смешения и определять размеры воздушного и топливного трактов, арматуры таким образом, чтобы обеспечить надежную работу камеры сгорания, как на топливе с высокой, так и с низкой теплотой сгорания.

Задачи создания и надежной в эксплуатации многотопливных камер органически вписываются в общий подход к проектированию фронтных устройств микрофакельных камер сгорания с характерной для них возможностью либо замыкания разных топливных систем на автономные горелочные комплексы, либо подвода к каждому микрофакелу разных топлив по отдельным коммуникациям. Возможно создание единой топливной системы на два вида топлива: газообразное и предварительно испаряемое жидкое.

Микрофакельное сжигание способствует повышению экономичности камеры сгорания. Завершение процесса выгорания на меньшем расстоянии от фронтного устройства приводит к устранению хвостовой зоны факела, в которой происходит догорание отдельных частиц топлива, не вступивших в реакцию окисления на основном участке зоны горения. Скорости тепло- и массообменных процессов в зоне догорания малы, поэтому протяженность ее в несколько раз, а то и на порядок больше, чем участка высокоинтенсивного горения. Именно хвостовые области факела являются основным источником появления продуктов неполного сгорания в выхлопных газах. Необходимо создание такой кинематики течения в головной части камеры, при которой практически все топливо сгорает в ее пределах, снижает химическую неполноту сгорания, в том числе и на частичных режимах работы установки.

Поддержание высокой полноты выгорания топлива на номинальной, переходной и частичной нагрузках, на холостом ходу и на пусковых режимах связано в микрофакельных камерах сгорания как с возможностью регулирования коэффициента избытка воздуха в отдельных зонах огневого пространства за счет изменения расхода топлива, так и с изменением числа таких зон при помощи отключения-подключения целых секторов, каскадов микрофакельных устройств.

При этом происходит усложнение систем подготовки, подачи и распыливания топлива, автоматического регулирования и управления агрегатом, но в каждой из зон обеспечиваются условия выгорания в оптимальном по температурному уровню диапазоне.

При сжигании топлива в микрофакельных конструкциях камер дополнительный эффект экономичности возникает из-за снижения гидравлического сопротивления на значение, пропорциональное потерям давления во вторичной зоне. Конечно полностью эти потери не исчезают, поскольку вторичное смесеобразование осуществляется в головной части камеры сгорания, протекая параллельно-последовательно процессам испарения первичного смешения и выгорания топлива.

Определенный выигрыш в экономичности микрофакельных камер сгорания получается также за счет уменьшения расхода воздуха, направляемого в систему охлаждения огневых элементов камеры. Это объясняется существенным сокращением общей поверхности, требующей интенсивного отвода теплоты, упрощением конструкции системы охлаждения, снижением температурного уровня охлаждаемых деталей. Основная масса воздух подается в первичную зону, вызывая некоторое уменьшение среднетемпературной адиабатической температуры зоны горения, а, следовательно, и теплового потока излучения, падающего на обращенные к факелу поверхности.

А самое главное преимущество МФС связано с повышением экологичности газотурбинного двигателя — направлением, приобретающим все большую актуальность и масштабность и предназначенным для реализации конструктивных решений по снижению содержания токсичных компонентов в продуктах сгорания углеводородных топлив. В настоящее время в традиционных конструкциях используются многочисленные средства и методы, улучшающие экологические характеристики ГТУ. Это, например, улучшение распыливания топлива, особенно на частичных режимах работы установки; впрыск воды или пара в огневую зону для подавления реакции образования NO_x ; добавка в топливо специальных противодымных присадок для уменьшения концентрации сажистых частиц в выхлопных газах; интенсификация перемешивания в первичной зоне камеры для устранения причин появления в рабочем теле продуктов неполного сгорания.

Многие ведущие газотурбостроительные фирмы приступили к созданию принципиально новых конструкций камер сгорания с основным стремлением — существенно снизить токсичные выбросы ГТУ. Наиболее радикальное направление по резкому снижению NO в продуктах сгорания — это понижение среднетемпературной температуры факела в зоне горения.

Осуществление такого решения в конкретных агрегатах практически связано с разработкой новых чрезвычайно интенсивных способов стабилизации горения и формирования факела, предотвращающих возможность появления механической и химической неполноты сгорания из-за уменьшения скорости реакции окисления при более низких температурах факела. Так, в камере сгорания ГТН-25 был осуществлен способ сжигания топлива за системой кольцевых коаксиальных стабилизаторов-горелок, обтекаемых системой кольцевых коаксиальных струй чередующейся закрутки. Концентрация оксидов азота в выхлопных газах ГТУ составляет всего 35—70 мг/м³, что в несколько раз ниже допустимых норм.

Целесообразно одновременно использовать и принцип подвода воздуха через несколько каскадов или ярусов, последовательно или параллельно расположенных по ходу течения рабочего тела. В случае параллельного расположения процесс горения происходит независимо только в первом каскаде, в последующих же — горящий факел взаимодействует с потоком продуктов сгорания предыдущих каскадов, и, естественно, это сказывается на процессах воспламенения, устойчивости и выгорания топлива и должно учитываться при гидравлических и тепловых расчетах второго и последующих каскадов.

В многокаскадных или многоярусных камерах сгорания с подачей всего воздуха в зону горения с целью повышения полноты выгорания топлива и снижения содержания NO_x в выхлопных газах на промежуточных режимах работы ГТД может быть реализовано последовательное подключение каскадов (пуск и выход на холостой ход осуществляются при включении и постепенной нагрузке одного каскада, а при наборе нагрузки последовательно подключаются горелки второго каскада и т. д.). Горячие газы, выходящие из первого каскада, взаимодействуют в зависимости от режима работы установки то с относительно холодным потоком воздуха (на холостом ходу, при нормальной остановке, при пуске), то с продуктами сгорания второго каскада (на рабочих режимах) различного температурного уровня. Поэтому при проектировании такой камеры сгорания должны быть рассчитаны на все возможные режимы взаимодействия между параллельно или коаксиально двигающимися потоками последовательно расположенных каскадов, в том числе и в случае, когда догорание топлива предыдущего каскада происходит в процессе перемешивания с потоком последующего.

Для улучшения экологических характеристик микрофакельных камер сгорания многорежимных ГТУ необходимы существенные изменения конструкции. В камере должно быть несколько зон горения, в каждом из которых процесс сжигания происходит по-разному. Например, двухзонная камера сгорания: в первой зоне поддерживается при сравнительно низких скоростях движения состав смеси, близкий к стехиометрическому, что позволяет значительно снизить уровни концентрации продуктов химической неполноты сгорания CO , а во второй, наоборот, сжигается обедненная смесь при больших скоростях течения потока, чем обеспечивается уменьшение содержания оксидов азота в продуктах сгорания. Последовательный ступенчатый подвод топлива и воздуха в сильной степени изменяет процесс выгорания топлива, поскольку по ходу течения резко меняется и расход топлива, и расход воздуха, и коэффициент избытка и т.д.

Далеко не всегда удается создать новые высокоэффективные методы стабилизации пламени и сжигания топлива, которые при их промышленном освоении реализовали бы отмеченные выше усовершенствования рабочего процесса. Как правило, многие из результатов достигаются на основе разумного компромисса между выдвигаемыми требованиями.

Таким образом, на наш взгляд, наши последующие эксперименты в микрофакельных устройствах со встречно-закручивающимися течениями покажут выше указанные преимущества МФС газообразного топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва.-М.: МГУ,1957.- 442с.
2. Христич В.А., Тумановский А.Г. Газотурбинные двигатели и защита окружающей среды. - Киев.: Изд-во Техника, 1983. — 144 с.
3. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей.-М.:Машиностроение, 1984.-280с.
4. Достияров А.М. Микрофакельное горение в топливосжигающих устройствах. – Шымкент: ЮКГУ им. М.Ауэзова, 1999. - 181с.
5. Достияров А.М., Умышев Д.Р., Катранова Г.С., Яманбекова А.К. Камеры сгорания и горелки ГТУ.-Астана: КАТУ им. С.Сейфуллина, 2017.-205с.

6. Пчелкин Ю.М. Лебедев В.П., Достияров А.М. Теплонапряженность и токсичность камеры сгорания при микрофакельном горении топлива.-НИИЭ информэнергомаш: Энергетическое машиностроение, 1-82-08, 1982, № 8, с. 10-14.
7. Пчелкин Ю.М. Лебедев В.П., Достияров А.М. Снижение окислов азота в камере сгорания при микро -факельном сжигании топлива.- Изв.Вузов:Машиностроение, М., 1982,№ 11. С.37-47
8. Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. док. техн. наук: 05.14.04 г.Алматы: КазНИИ Энергетики им. Чокина, 2000. - 237с.
9. Умышев Д.Р., Достияров А.М., Туманов М.Е. Классификация методов подавления NO_x и возможности их уменьшения за счет улучшения смесеобразования топливо-воздушной смеси// Вестник КазНТУ.– 2015. - №3. - С. 85-92.
10. Сударев А.В. Разработка, исследование оптимальных способов интенсификации рабочего процесса и их внедрения в конструкции камер сгорания стационарных газовых турбин. Дисс. докт. техн. наук. – Л., 1980. - 393с.
11. Dostiyarov A.M, Tumanov M.E., Quiwang Wang, Umyshev D.R. Experimental investigation of v-gutter flameholders .-(Thomson Reuters) Thermal Science. – 2017. Vol.21, №2. - P. 1011-1019.DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCI151209072U>
- 12.Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Tyutebayeva G.M. Experimental investigation of the management of NO_x emissions and their dependence on different types of fuel supply// Espacios. – 2017, Vol.38, №24. –P.17.

REFERENCES

1. Khitrin L.N. The physics of combustion and explosion. -M .: MSU, 1957.- 442p.(in Russian)
2. Khristich VA, Tumanovsky AG Gas turbine engines and environmental protection. - Kiev .: Publishing house Technique, 1983. - 144 p. (in Russian)
3. Pchelkin Yu.M. Combustion chambers of gas turbine engines.-M .: Mechanical Engineering, 1984.-280s. (in Russian)
4. Dostiyarov A.M. Microfuel burning in fuel-burning devices. - Shymkent: SKSU them. M.Auezova, 1999. - 181s. (in Russian)
5. Dostiyarov AM, Umyshev DR, Katranova GS, Yamanbekova AK Combustion chambers and burners GTU.-Astana: KATU them. S.Seifullin, 2017.-205s. (in Russian)
6. Pchelkin Yu.M. Lebedev VP, Dostiyarov A.M. Thermal stress and current of the combustion chamber with microfuel combustion of fuel. -НИИЭ информэнергомаш: Power Engineering, 1-82-08, 1982, No. 8, p. 10-14. (in Russian)

7. Pchelkin Yu.M. Lebedev VP, Dostiyarov A.M. Reduction of nitrogen oxides in the combustion chamber with microfuel combustion of fuel. *Izv. Vuzov: Mechanical Engineering*, Moscow, 1982, No. 11. P.37-47(in Russian)
8. Dostiyarov A.M. Development of fuel-burning devices with microfuel burning and methods of their calculation: dis. doc. tech. Sciences: 05.14.04 г. АЛМАТЫ: KazNII of Power Engineering. Chokin, 2000. - 237с. (in Russian)
9. Umyshev DR, Dedyarov AM, Tumanov ME Classification of methods for suppressing NO_x and the possibility of reducing them by improving the mixture of fuel-air mixture // *Bulletin of KazNTU* .- 2015. - № 3. - P. 85-92. (in Russian)
10. Sudarev A.V. Development, research of optimal ways of intensification of the working process and their implementation in the design of combustion chambers of stationary gas turbines. *Diss. Doct. tech. sciences.* - L., 1980. - 393s. (in Russian)
11. Dostiyarov A.M, Tumanov M.E., Quiwang Wang, Umyshev D.R. Experimental investigation of v-gutter flameholders .-(Thomson Reuters) *Thermal Science.* – 2017. Vol.21, №2. - P. 1011-1019. DOI: <https://doi.org/10.2298/TSCI151209072U>
12. Umyshev D.R., Dostiyarov A.M., Tyutebayeva G.M. Experimental investigation of the management of NO_x emissions and their dependence on different types of fuel supply// *Espacios.* – 2017, Vol.38, №24. –P.17.

MICROFLAME COMBUSTION OF FUEL AND A MICRO-FLAME DEVICE WITH COUNTER-SWIRLING CURRENTS

Dostiyarov A.M., Kibarin A.A., Nauryz B.

Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, AUES

Despite the limited amount of experimental data on the use of microflame combustion in a gas turbine engine, various authors have noted the following positive qualities of this method: low gas head losses, reduced dimensions of structures, reduced unevenness of the temperature field at the exit from the combustion chamber, low yields of nitrogen oxides with combustion products, reduced radiation losses.

Being still known from the middle of the twentieth century, the technology of micro flare combustion has begun to attract scientists' attention relatively recently. At present, there are several main directions for microflame combustion, but all have one thing in common: the "smearing" of the torch along the front and the volume of combustion. Therefore, the design of the front-end device is of great importance for modern combustion chambers.

Microflame incineration, micro-flame device, counter-twisted currents.

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

ГРНТИ 45.41.31

ТОКАЛУДЫ АНАМОРФТЫ КЕСКІНДЕРДІҢ КӨМЕГІМЕН ЗЕРТТЕУ

Егзекова А.Т., Койшибаева К.Ж., Калиев Ж.Ж.

Қазақстан Республикасы, Алматы қаласы, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы

Аңдатпа. Мақалада токалуды анаморфты кескіндердің көмегімен зерттеу кезінде поезд өткенде тікелей тоққабылдағыш пен түйіспелі сымның өзара әсерлесу бейнесін анаморфты линзаларды пайдалана отырып түсіру және жазу арқылы ұсынылған зерттеу әдісі жеткілікті дәлдікпен уақыттан және кеңістікте түйіспелі сымның толық бейнесін алуға мүмкіндік беретіні қарастырылған. Сонымен қатар сәйкесті программалармен өңделген кескіндерді талдау, түйіспелі асылғының ұзына бойымен оның біртекті еместігімен шартталатын элементтердің болуын есепке ала отырып, түйіспелі асылғының әр түрлі сипаттамаларын, сонымен қатар токалудың кинематикалық және динамикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Түйіспелі сымның тербелісі токалуға ықпал етеді, сондықтан түйіспелі асылғының жұмысқа жарамдылығын және токалудың сапасын бағалау үшін әдетте түйіспелі сымға бекітілген жылжымалы датчиктердің көмегімен немесе механикалық кернеулердің көмегімен өлшейді, ал датчиктерден қабылдағыштарға электрлік сигналдарды беру үшін сымсыз телеметрия қолданылады. Түйіспелі сымның қозғалыстағы тоққабылдағышпен түйісу нүктелерінде пайда болатын тербелістері сымның ұзына бойына толқындар түрінде таралады, олардың сипаты струналардың, түйіспелі асылғылардың басқа да элементтерінің болуымен шартталатын қайталанулар мен бұрмаланулардан өзгереді.

Кілттік сөздер. түйіспелі сым, токалу, тоққабылдағыш, түйіспелі асылғы, анаморфты линза, датчик, электрлік сигнал.

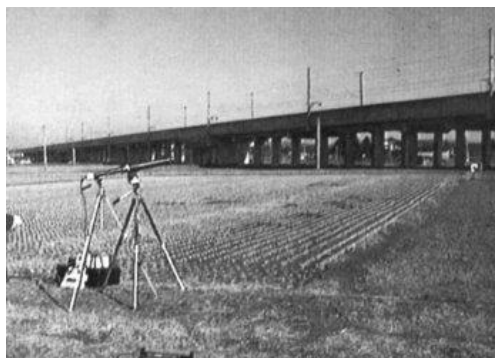
Түйіспелі сымның тербелістерінің болуын толығырақ түсіну үшін оның уақыт аралығында кеңістікте жылжуы туралы толық ақпарат керек. Осы мақсатта токалуды фокустық қашықтыққа қатысты арнайы жасалған анаморфты оптикалық линзаларды пайдаланып түсірілген кескіндердің көмегімен зерттеу әдісі ұсынылады. Фокустық қашықтық шамамен 80:1 құрайды және бұл линзалар бірнеше өткіндерде түйіспелі асылғыны бақылауға мүмкіндік береді.

Алынған түйіспелі сымның тербелу көрінісін арнайы программалардың көмегімен талдайды, бұл программалар түйіспелі сымның жылжу шамалары, қисаю бұрышы мен қиғаштығы, верикалды жылдамдықтар мен үдеуі жайлы ақпараттар алуға мүмкіндік береді [1,2,3]. Осы мәліметтер бойынша струнаға, оқшаулатқышқа және тоққабылдағышқа ықпал ететін күштерді, түйіспелі асылғы элементтері арқылы тербелістердің берілу коэффициенттерін және токалудың кинематикалық және динамикалық параметрлерін есептейді.

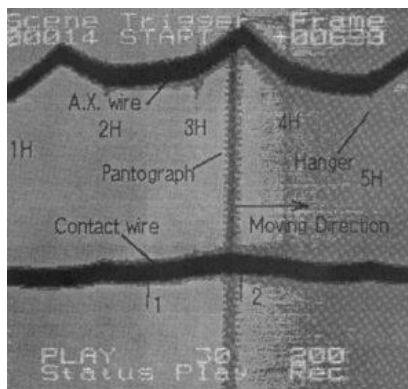
Өлшеу әдістемесі. Ұсынылған әдісті жоғары жылдамдықты желілердің телімдерінің бірінде сынақтан өткізді. 1-суретте өлшеу полигонының жалпы түрі көрсетілген. ССД типті телевизиялық камераны және линзалар жүйесін желіден өлшеу телімінің ұзындығына тең қашықтықта орналастырады. Кескіндер жоғары жылдамдықты бейнесақтағыш құрылғының көмегімен бейнемагнитофонның көмегімен түсірілді. Бұл тәсіл үлкен дайындықты талап ететін және поездардың қозғалысын үзетін кәдімгі тәсілге қарағанда тиімді.

Түйіспелі сымның бойымен тоққабылдағыштың өтуі 2-суретте келтірілген (ұзындығы 25 м телімнің көрінісінің фрагментіне сәйкес), бұнда жоғарғы горизонтал

толқынды сызықпен арқалаушы сымарқан (трос), төменгісі – үлкен керілу күші бар, биіктігі 500 мм тізбекті түйіспелі асылғының түйіспелі сымы көрсетілген. 10-20 сек ішінде 60-400 кадр/сек жиілікпен түсірілген кескіндер цифрлық форматқа көшіріліп, компьютердің жадында сақталады [1,2,3], содан соң түйіспелі сымның жылжу шамаларын және токқабылдағыш қалпын алу үшін бірнеше программалармен өңделеді. Түйіспелі сымның жылжуын, кескінді түйіспелі тораптың тіректері, струналары және т.б. элементтерінен «тазалағаннан» кейін қара сызықтың осі бойынша анықтайды. Токқабылдағышты екі тізбектелген кескіндер бойынша есептейді, себебі токқабылдағыш жоғары жылдамдықпен қозғалады.



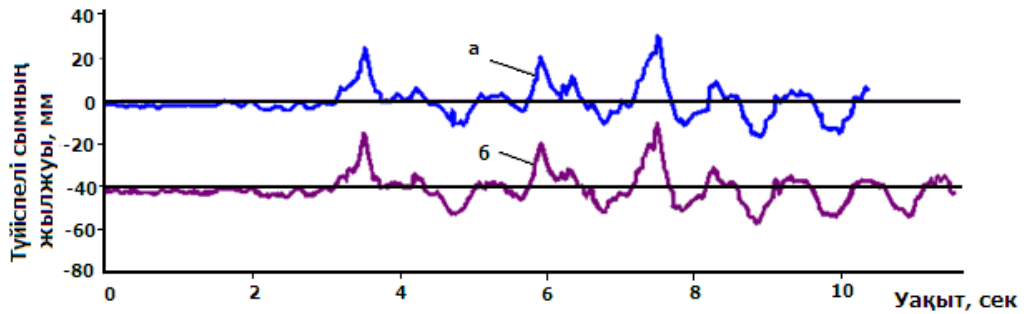
1-сурет. Өлшеу полигонының жалпы түрі



2-сурет. Токқабылдағыш-түйіспелі асылғы жүйесінің көрінісі

Әдістің дәлдігін растау үшін түйіспелі сымның жылжуын және қисаюын дәстүрлі тәсілмен өлшейді. 3-суретте өлшеу нәтижелері көрсетілген, бұнда біріншілік көрсетулерді және кескіндерді өңдеу кезіндегі қисықтар келтірілген.

1/60 сек интервалмен әртүрлі екі әдіспен өлшенген параметрлердің сипаты мен сандық мәндері 1 м өткелге сәйкес және тікелей салыстыру үшін нақты түрлендірілген, екеуі бір біріне ұқсас. Міне сондықтан да түйіспелі сымның тербелісін кескіндеу арқылы өлшеу әдісі дәл болып шықты.



3-сурет. Түйіспелі сымның жылжуы кезінде жаңа (а) және дәстүрлі (б) әдістермен анықталған шамалары

Кескінді талдау. Түйіспелі сымды 50 Гц аспайтын тербелетін керілген струна ретінде қарастыруға болады. Дәлдік талап етілгенде жоғарырақ жиіліктегі тербелісті ескермеуге болады. Олай болса түйіспелі сымның тербеліс жиіліктерінің шектеулі диапазонында таралу жиілігі тұрақты толқындар түрінде жазылуы мүмкін.

Түйіспелі асылғаның струналары. Түйіспелі асылғының струнасына әсер ететін күштерді тек олардың беріктігін есептеу үшін ғана емес, түйіспелі сымның толқындық әсерін анықтау үшін де білу маңызды [1,3]. Егер $x = 0$ болғанда сызықтық тығыздығы ρ және тартуы T бар тартылған сымға F күші әсер ететін болса, онда

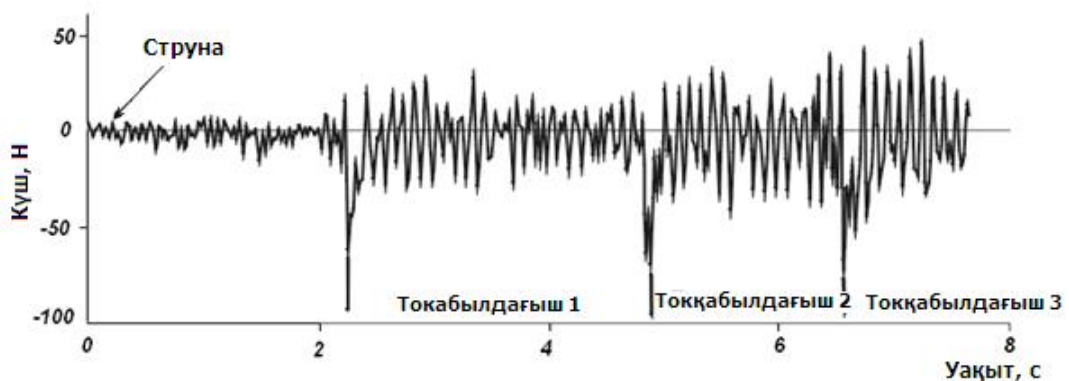
$$\rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = F(t)\delta(x). \quad (1)$$

(1) теңдеуін $(-E$ және $+E)$ интервалда интегралдай отырып, келесіні аламыз:

$$F(t) = -T \left(\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=+E} - \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=-E} \right) + \rho \int_{-E}^{+E} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} dx. \quad (2)$$

4-суретте тізбекті түйіспелі асылғының астынан үш токқабылдағыштары бар поезд 209 км/сағ жылдамдықпен өткенде струнаға әсер ететін күштердің кескіндері көрсетілген.

Токқабылдағыш түйіспелі асылғының струнасына жақындағанда оның тартылу күші нольге дейін дерлік төмендейтіні көрініп тұр; Токқабылдағыш өткеннен кейін ол 10 Гц жиілікпен тербеледі.



4-сурет. Түйіспелі асылғының струнасына әсер ететін күштердің шамалары

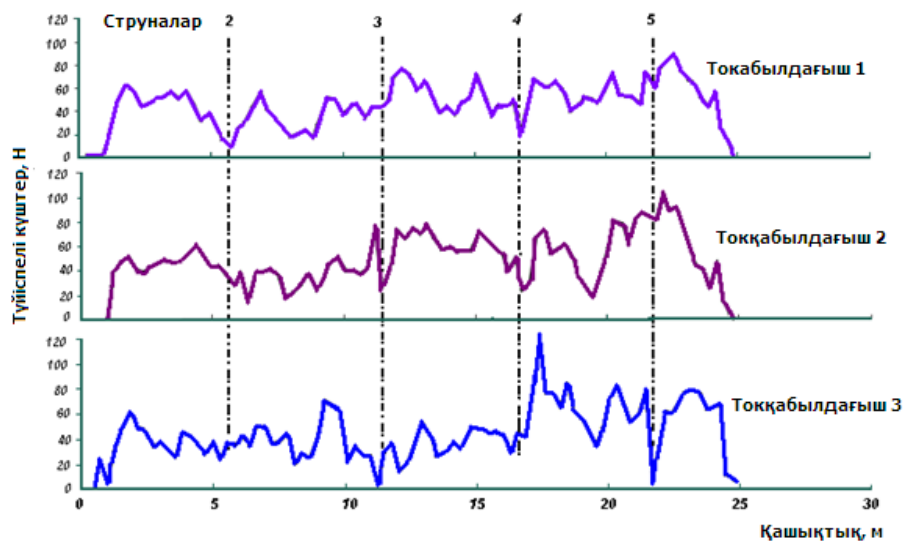
Түйіспелі сым мен тоққабылдағыштың өзара әсерлесуі. Түйіспелі сым мен тоққабылдағыштың өзара әсерлесуінде түйіспелі күштер – тоқалудың маңызды сапасы болып табылады [1,2]. Түсірілген кескіндер бойынша оларды есептеу үшін, алдыңғы жағдайдағыдай, жылжымалы күш F тартылған сымға V жылдамдықпен әсер етеді делік

$$\rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = F(t)\delta(x - Vt). \quad (3)$$

Бұл теңдеуді жылжымалы координата жүйесінде түрлендіріп, $(-E; +E)$ интервалда интегралдай отырып, түйіспелі күшті есептеуге болады:

$$F(t) = -(T - \rho V^2) \left(\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=+E} - \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=-E} \right) + \rho \int_{-E}^{+E} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} dx - 2\rho V \left(\left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=+E} - \left. \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{x=-E} \right). \quad (4)$$

Түйіспелі күшті түйіспелі сымның ауытқулары, жылжымалы координаталар жүйесінде вертикалды жылдамдықтар мен үдеулер арқылы өрнектеуге болады. Егер тоққабылдағыш түйіспелі сым струнасының жанынан өтетін болса, (4) теңдеудегі түйіспелі күш және струнаға әсер күштердің қосындысы ретінде қарастырады. Түйіспелі сымды бөлу үшін алдын ала есептелінген струнаға әсер ететін күштер жойылымын түзетуден бастау керек. Түйіспелі күштерді алынған кескіндерді өңдеу арқылы есептеу үлгісі 5-суретте келтірілген. Түйіспелі күштердің есептік орташа шамалары тоққабылдағыштардың көтерілу күштері сияқты екендігі көрініп тұр және жуық шамамен 70 Н тең.



4-сурет. Түйіспелі сым мен тоққабылдағыштың өзара әсерлесуі кезінде түйіспелі күштердің шамалары

Толқындарды бөліктеу. Түйіспелі сымның тербелістерін қарама қарсы бағытталып таралатын екі құраушылардың қосындысы ретінде қарастыруға болады [1,2,3]. Толқындардың бағытына және түйіспелі асылғының біртекті еместігімен шартталатын асылғының ұзына бойымен толқындардың таралу сипаттамаларына байланысты түйіспелі сым мен тоққабылдағыштың өзара әсерлесуі кезінде толқындардың түйіспелі күштерге

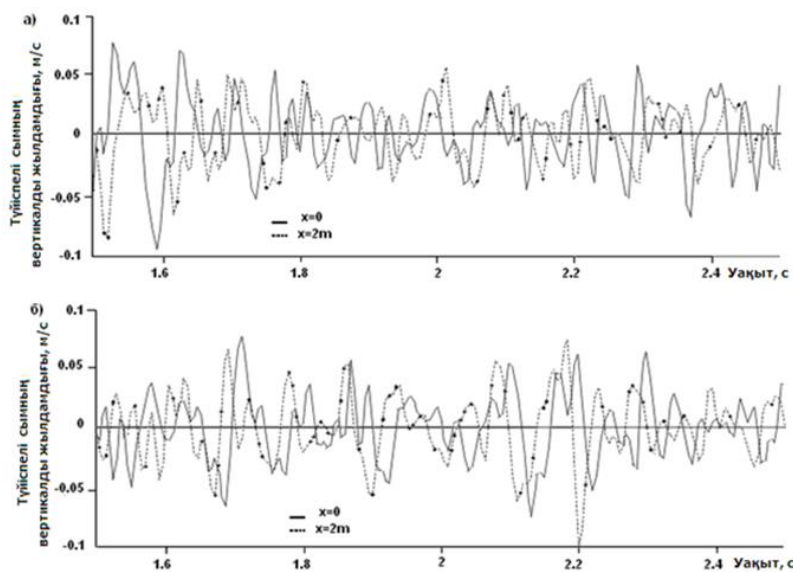
әсері әр түрлі болуы мүмкін, сондықтан түйіспелі сымның тербелістерін осы құраушыларға бөліктеу керек. 50 Гц аз жиілікте бұл тербелістерді жеткілікті жақындасумен тұрақты таралу жылдамдығы C бар қарапайым толқын түрінде жазуға болады:

$$y = f(x - Ct) + g(x + Ct). \quad (5)$$

(5) теңдеуін уақыт және кеңістік бойынша дифференциалдап және оны түрлендіре отырып, тербелісті әр бағытқа сәйкес келетін екі құраушыға бөлуге болады:

$$f'(x - Ct) = \frac{1}{2C} \left\{ \frac{\partial y}{\partial t} - c \frac{\partial y}{\partial x} \right\} \quad g'(x + Ct) = \frac{1}{2C} \left\{ \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial y}{\partial x} \right\}. \quad (6)$$

(6) теңдеуі егер де нүктеде түйіспелі сымның жылдамдығы және градиенті өлшенгенде бірінші реттік дифференциалды толқындар бағыты бойынша анықталатынын көрсетеді. Түйіспелі сымның әр түрлі екі нүктесінде 2 м таралған және тізбекті түйіспелі асылғының кескіні бойынша есептелген толқындардың сипаты 5-суретте көрсетілген. Толқынның 118 м/с таралу жылдамдығы кезінде бұл нүктелердің уақыт бойынша өтуінің айырымы 0,017 с құрайды [1,2,3]. Көрсетілген нүктелерде толқындардың сипаты екі бағыттар үшін да бір біріне жақын, дегенмен толық ұқсас емес.



5-сурет. Түйіспелі сымның тура (а) және кері (б) бағыттарда тербелу толқындарының сипаты

Струналар - түйіспелі асылғының біртекті емес факторы. Түйіспелі асылғының струналары да түйіспелі сымның тербелістері толқындарының сипатын өзгертетіндей өз бетімен кедергі етеді. Толқындардың струна арқылы 6-суретте көрсетілгендей өтеді, мұнда төрт $y_1 - y_4$ толқындар струнаға әсер етеді, ал төрт басқа толқындар $z_1 - z_4$ онымен өндіріледі.

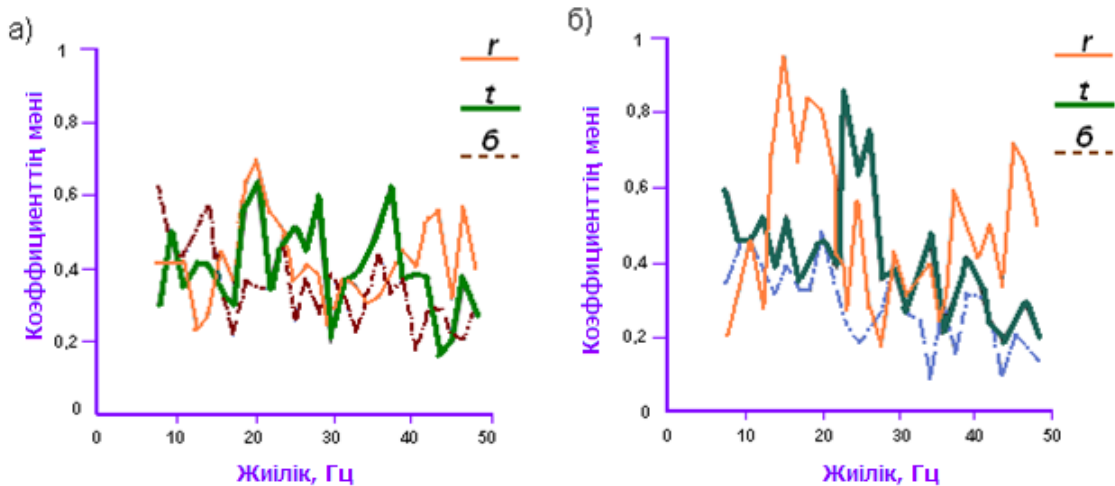


6-сурет. Түйіспелі асылғының струнасынан тербелмелі толқындардың өтуі

Жүйе симметриялы болғандықтан, түйіспелі сымның тербеліс толқындарының шағылу, берілу және сыну коэффициенттері келесілерге тең болады [1,2]:

$$y = \frac{z_1}{y_1} = \frac{z_2}{y_2}; \quad t = \frac{z_1}{y_1} = \frac{z_1}{y_2}; \quad s = \frac{z_3}{y_1} = \frac{z_4}{y_1} = \frac{z_3}{y_2} = \frac{z_4}{y_2} \quad (7)$$

Коэффициенттерді анықтау үшін көптеген кіріс/шығыс теорияларын қолданылады. Алдымен тербелістерді, өзіне түйіспелі асылғының струнасының екі жағынан сегіз сериялы ақпараттарды енгізетін екі бір бағытты құраушыларға бөледі. Сонан соң аз уақыт өткеннен кейін шағылу, берілу және сыну коэффициенттерін анықтау үшін тағы да сегіз көрсеткішті түсіріп алады. Бұл коэффициенттердің амплитудалы-жиіліктік сипаттамалары 7-суретте келтірілген.



а - түйіспелі сым үшін; б - арқалаушы трос үшін

7-сурет. Тербеліс толқындарының струна арқылы өту коэффициенттері

Бұл суреттен кәдімгі струналы түйіспелі сымның тербелмелі толқындарының шағылу коэффициенті 0,4-0,5, ал берілу коэффициенті сондай реттілікте жуық шамамен 50 Гц аз жиіліктер диапазонында болатыны көрініп тұр.

Қорытынды

Токалуды анаморфты кескіндердің көмегімен зерттеу кезінде поезд өткенде тікелей тоққабылдағыш пен түйіспелі сымның өзара әсерлесу бейнесін анаморфты линзаларды пайдалана отырып түсіру және жазу арқылы ұсынылған зерттеу әдісі жеткілікті дәлдікпен уақыттан және кеңістікте түйіспелі сымның толық бейнесін алуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар сәйкесті программалармен өңделген кескіндерді талдау, түйіспелі асылғының ұзына бойымен оның біртекті еместігімен шартталатын элементтердің болуын есепке ала отырып, түйіспелі асылғының әр түрлі сипаттамаларын, сонымен қатар токалудың кинематикалық және динамикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Миронос, Н.В. Исследование токосъема на базе системы технического зрения. Вестник ВНИИЖТ. – 2005.
2. Вологин, В. А. Разработка методики определения влияния несущего троса на среднеквадратичное отклонение контактного нажатия. Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2012.
3. Тюрнин, П. Г. Изучение влияния параметров контактной подвески на качество токосъема при различных скоростях движения на основе спектрального анализа изменения контактного нажатия [Текст]/ П. Г. Тюрнин, М.Н. Емельянова //Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2014.
4. Титаренко, П.Д. Исследование влияния основных параметров конструктивных параметров токоприемников и контактной сети на качество токосъема, Ростов-на-Дону, 2004.
5. Изергина, М.Н. Исследование влияния натяжения проводов контактной подвески на качество токосъема. М.: Интекст, 2010.
6. ГОСТ 3 2 7 9 3 — 2014М.: Стандартимформ, 2015.

REFERENCES

- [1] Mironos, N.V. Study of current collection on the basis of the vision system. Bulletin VNIIZhT. - 2005.
- [2] Vologin, V. A. Development of a methodology for determining the effect of a carrying cable on the standard deviation of contact pressure. Bulletin of the Research Institute of Railway Transport. - 2012.
- [3] Tyurnin, P.G. Study of the influence of contact suspension parameters on the quality of current collection at various speeds based on spectral analysis of changes in contact pressing [Text] / P.G. Tyurnin, M.N. Yemelyanova // Bulletin of the Research Institute of Railway Transport. - 2014.
- [4] Titarenko, P.D. Investigation of the influence of the basic parameters of the design parameters of current collectors and contact networks on the quality of current collection, Rostov-on-Don, 2004.
- [5] Izergina, M.N. The study of the influence of the tension of the wires of the contact suspension on the quality of current collector. M. : Intext, 2010.
- [6] GOST 3 2 7 9 3 - 2014M. : Standardformform, 2015

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОСЪЕМА С ПОМОЩЬЮ АНАМОРФНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Егзекова А.Т., Койшибаева К.Ж., Калиев Ж.Ж.

Казахская академия транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева

Аннотация. В статье предусматривается, что при исследовании токов с помощью анаморфных изображений, представленный метод исследования, позволяющий получить полный образ контактного провода в пространстве и времени с достаточной точностью снимать и записывать изображения взаимодействия непосредственно токоприемника и контактного провода при прохождении поезда с использованием анаморфных линз. Кроме того, анализ изображений, обработанных соответствующими программами, позволяет определять различные характеристики контактной породы, а также кинематические и динамические параметры токования с учетом наличия элементов, обусловленных его неоднородностью по всей длине контактной породы. Колебания контактного провода способствуют току, поэтому для оценки работоспособности контактного провода и качества токования измеряют, как правило, с помощью переносных датчиков, закрепленных на контактной проволоке, или с помощью механических напряжений, а для подачи электрических сигналов от датчиков к приемникам применяется беспроводная телеметрия. Колебания контактного провода, возникающие в точках стыка контактного провода с движущимся токоприемником, распространяются в виде продольных волн провода, характер которых изменяется от повторяющихся и искажений, обусловленных наличием стрел, других элементов контактной цепи.

Ключевые слова. Контактная проводка, токоприемник, токоприемник, контактная связь, анаморфный линза, датчик, электрический сигнал.

RESEARCH OF RECEIVER OF CURRENT WITH A HELP BY АНАМОРФНЫМИ SEGMENTS

Egzekova A.T., Koyshibaeva K.ZH., Kaliev ZH.ZH.

Kazakh Academy of Transport and Communication named after M. Tynyspaev

Annotation. In the article, it is seen that during the study of the shift by anamorphic images, the interpretation technique proposed by the recording and recording of the interaction of the direct current and receiver cord with the anamorphic lenses will allow to obtain a full picture of the contact wire in time and space with adequate precision. In addition, the analysis of the processed images is able to determine the different characteristics of the contact dress, as well as the kinematic and dynamic parameters of the truncation, taking into account the presence of the elements associated with the unevenness of the contact nozzle along its length. The oscillation of the cord cord influences the transformation, so the measurement of the workability of the contact nozzle and the quality of the cutoff is typically measured by means of movable sensors attached to the contact wire or by mechanical stresses, and wireless telemetry is used to transmit electrical signals to sensors. The oscillations occurring at the contact points of the adhesive cord with the moving currents vary widely in the wavelength of the wire, and their character changes from duplications and distortions, which are caused by the presence of other elements of the strings and contact strips.

Key words. connecting wire, cord, cord, contact lanyard, anamorphic lens, sensor, electrical signal.

А.А. Куандыкова¹, А.К. Искаков¹, Н.И. Утегулов²

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

²Инвестиционно-промышленная корпорация «ZHERSU», г. Алматы, Казахстан

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ НЕЗАВИСИМОСТИ ЮЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ КАЗАХСТАНА НА БАЗЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ВТОРОЙ ЦЕПИ ВЛ-500 кВ ШУ- ЖАМБЫЛ-ШЫМКЕНТ

Аннотация. Наличие одной цепи ВЛ-500 кВ Шу-Фрунзе-Жамбыл-Шымкент ограничивает возможности передачи объемов мощности в южные области РК, и приводит к своп-поставкам мощности из ОЭС ЦА в объеме 400 МВт и более даже при работе Жамбылской ГРЭС (далее - ЖГРЭС) в 3-х блочном режиме.

Повышение с 1 июля 2018 г. цены на товарный газ приведет к увеличению себестоимости выработки электроэнергии ЖГРЭС, как минимум, до 11,92 тг/кВтч и, как следствие этого, реален останов ЖГРЭС в ОЗП 2018-2019 г. При этом резко возрастет зависимость южных областей РК от своп-поставок электроэнергии из ОЭС ЦА.

С учетом сложившейся ситуации, для обеспечения энергетической независимости южных областей РК в статье рассмотрена целесообразность строительства второй цепи ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Шымкент.

Ключевые слова: энергетическая независимость, баланс мощности, пропускная способность сечения линий, предел передаваемой мощности по статической устойчивости.

Баланс мощности Южной зоны ЕЭС РК и ее параллельная работа с ОЭС ЦА

Согласно отчетным данным АО КЕГОС, баланс мощности Южной зоны ЕЭС РК в ОЗП 2016 и 2017 гг. складывался следующим образом:

- дефицит мощности Алматинской области - 514 МВт (Рдеф.алм. = 27%Рдеф.юж.зоны);
- суммарный дефицит мощности Южных областей { Жамбылская (без ЖГРЭС), Южно-Казахстанская и Кызылординская области} – 1408 МВт (Рдеф.юга=73%Рдеф.юж.зоны).

Проблема покрытия острого дефицита собственных генерирующих мощностей южных областей Казахстана усугубляется неконкурентоспособностью электроэнергии, вырабатываемой газомазутной ЖГРЭС, т.к. согласно приказа Минэнерго РК «Об утверждении предельных цен оптовой реализации товарного газа на внутреннем рынке» с 1-го июля 2018 г. оптовые цены на газ повышены на 15%. При этом себестоимость электроэнергии ЖГРЭС составит 11,92 тг/кВтч; из них переменная составляющая отпускной цены с учетом затрат на топливо и другие услуги - 10,16тг/кВтч, а постоянная составляющая – 1,76 тг/кВтч.

При действующем тарифе на электроэнергию в южных областях РК (9,47 тг/кВтч), и себестоимости ее выработки на ЖГРЭС (11,92 тг/кВтч), **вполне реален полный останов ЖГРЭС в ОЗП 2018-2019 гг.** Работа станции на резервном топливе – мазуте, практически невозможна из-за высокой его стоимости -75000 тг/тонна.

В условиях доминирования дефицита мощности южных областей (до 1408 МВт при останове ЖГРЭС, что составит 73% от дефицита мощности Южной зоны ЕЭС РК в

целом), и наличии только одной цепи ВЛ-500 кВ Шу-Фрунзе-Жамбыл-Шымкент надежность электроснабжения южных областей РК в значительной степени будет зависеть от объемов своп-поставок электроэнергии из ОЭС ЦА.

На рисунке 1 представлена карта-схема основных связей Южной зоны ЕЭС РК с энергосистемами республик ЦА.

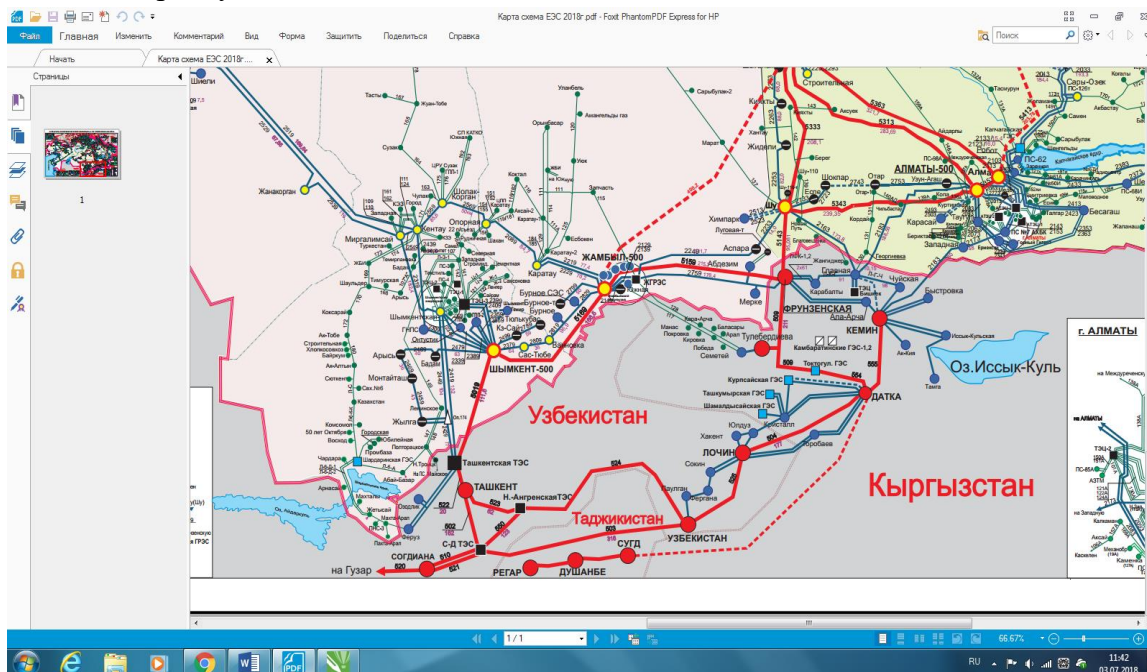


Рисунок 1. Карта-схема основных связей Южной зоны ЕЭС РК с ОЭС ЦА

На рисунке 2 представлены перетоки мощности по ВЛ-500 и 220 кВ в Южной зоне ЕЭС РК и основным связям с энергосистемами ОЭС ЦА в ОЗП 2017-2018 гг.

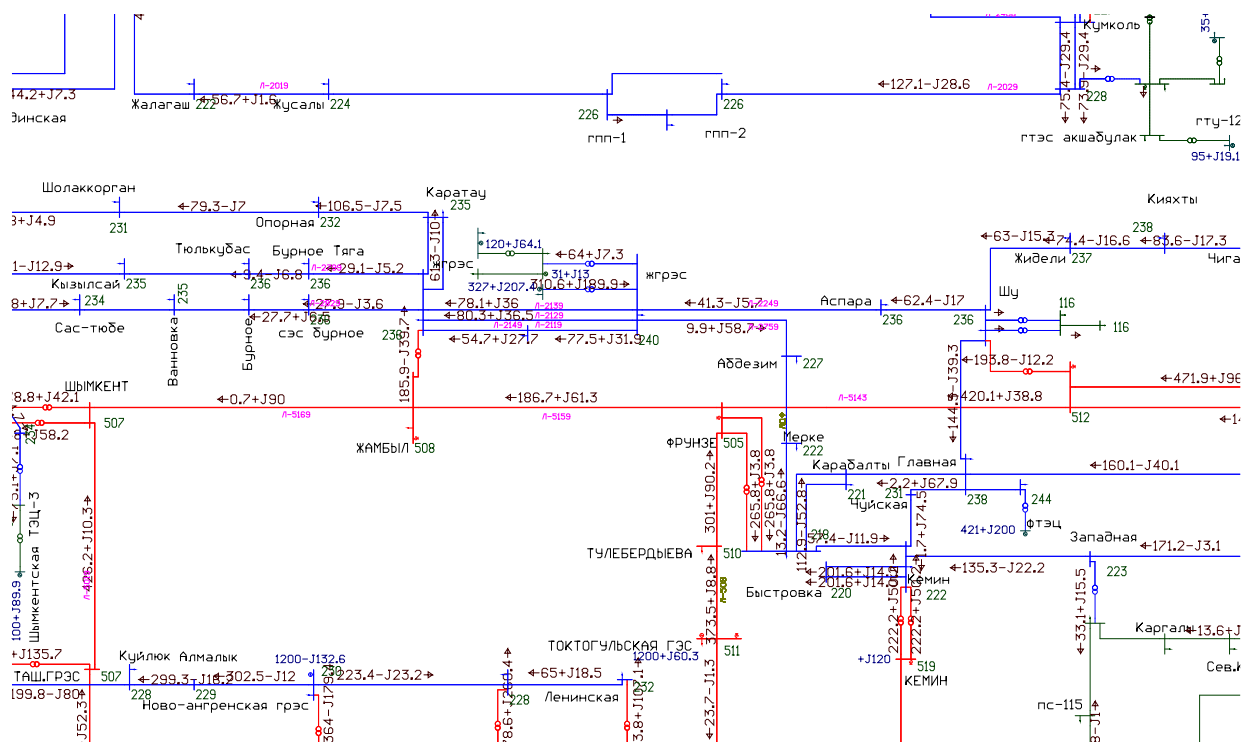


Рисунок 2 Зимний максимум 2017г. Нулевое сальдо с ОЭС ЦА. На ЖГРЭС в работе 3 блока.

Справочно:

Основные показатели своп поставок мощности от ОЭС ЦА в Южную зону ЕЭС РК:

- отбор мощности от транзита 500 кВ Север-Юг РК на ПС Фрунзе в объеме 400 МВт;
- своп-поставка мощности от ГЭС Нарынского каскада в энергосистему Узбекистана;
- своп-поставка мощности в объеме 400 МВт от Таш. ГРЭС по ВЛ-500 кВ ТашГРЭС-ПС Шымкент для покрытия дефицита южных областей РК.

На рисунке 3 представлены результаты расчета допустимых по статической устойчивости [1] перетоков мощности по одной цепи ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Шымкент при раздельной работе с энергосистемой КР (отключение от ПС Фрунзе и включение перемычки для соединения ВЛ-500 кВ Шу-Фрунзе и ВЛ-500 кВ Фрунзе-Жамбыл).

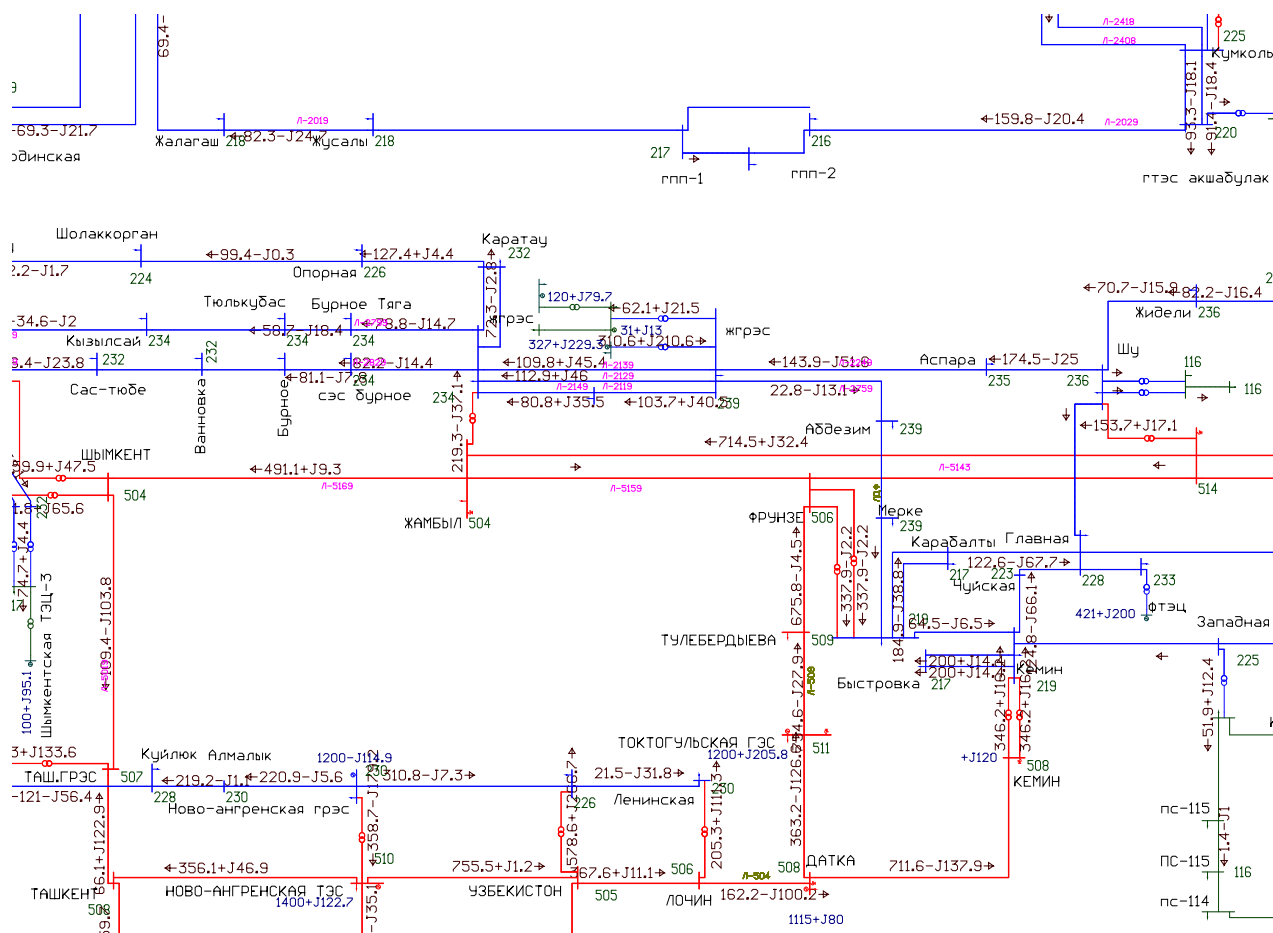


Рисунок 3. Перетоки мощности по ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Шымкент при раздельной работе с энергосистемой КР (ПС Фрунзе отключена от данной ВЛ-500 кВ)

Примечание: Ввод ВЛ-500 кВ Датка-Кемин обеспечил полное покрытие дефицита мощности Бишкекского энергоузла. Включена перемычка Л-5143/Л-5159 – отделена ПС-500 кВ Фрунзе, отключены ВЛ 220 кВ на связях с Киргизией. Нагрузки зимнего максимума 2017г.

Допустимость раздельной работы Южной зоны ЕЭС РК и энергосистемы КР определяется возможностью покрытия максимума нагрузки Бишкекского энергоузла передачей необходимого объема мощности от ГЭС Нарынского каскада по двум ВЛ-500 кВ:

- ВЛ-500 кВ Токтогульская.ГЭС-ПС Фрунзе (675 МВт),
- новая ВЛ-500 кВ (ввод в действие – 2015 г.) ПС Датка – ПС Кемин (711 МВт).

Анализ предела передаваемой мощности по статической устойчивости по одноцепному транзиту Шу-Жамбыл-Шымкент (рисунок 3) с учетом:

- останова ЖГРЭС,
- раздельной работы с энергосистемой Кыргызстана,
- при параллельной работе с энергосистемой Узбекистана,

показал, что допустимая мощность передачи по одной ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Шымкент не превышает $R_{пред. доп.} \leq 500$ МВт.

Отметим, что в целом по сечению Л-5143/Л-5159+Л-220 Шу-ЖГРЭС с учетом передачи мощности по Л-220 Кумколь-Кызылорда (рисунок 4) предельный переток по условиям статической устойчивости составляет 990 МВт.

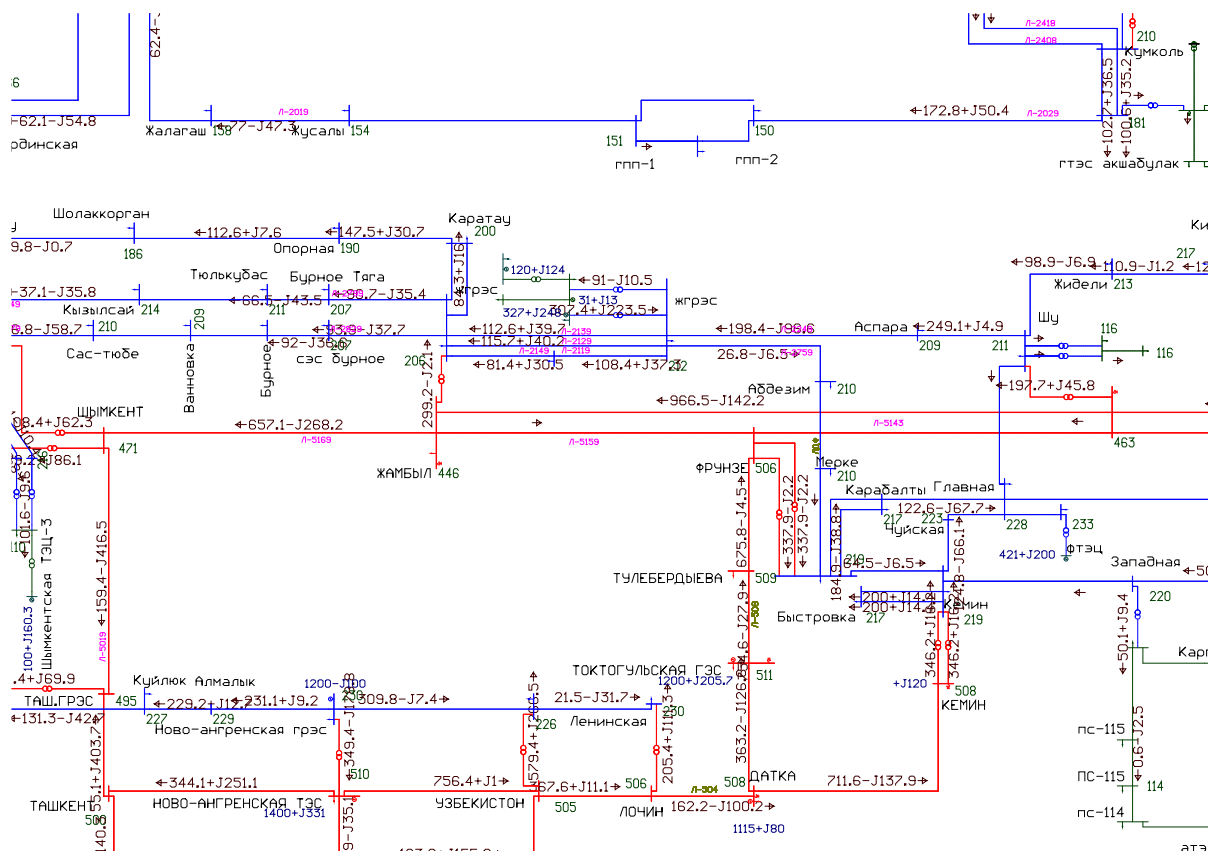


Рисунок 4. Предельный по статической устойчивости переток мощности в сечении линий Л-5143/Л-5159+Л-220 Шу-ЖГРЭС

$$P_{\text{пред}} = (1388 \text{ МВт} - \Delta P_{\text{перег.}}) / P_{20\%} = (1388-200)/1,2=990 \text{ МВт}$$

Однако, в послеаварийном режиме допустимая величина перетока мощности не превышает 500 МВт, т.к. при отключении Л-5169 Жамбыл-Шымкент или Л-5159 Шу - Жамбыл, произойдет:

перегруз по току шунтирующей сети 220 кВ с отключением ВЛ 220 от ПА АСС (слабой связи),

выделение юга Казахстана и ОЭС ЦА на изолированную работу с дефицитом до 900 МВт, и снижением частоты до 47 Гц.

Таким образом, передача мощности по одной цепи транзита 500 кВ Шу-Фрунзе-Жамбыл-Шымкент и раздельной работе с энергосистемой Кыргызстана не превышает 500 МВт, что не обеспечивает надежность электроснабжения южных областей РК, т.к. при останове ЖГРЭС дефицит южных областей Казахстана составит более 1400 МВт.

Очевидно, что кардинальным решением задачи надежного и независимого от поставок электроэнергии из ОЭС ЦА электроснабжения южных областей Казахстана на среднесрочную перспективу является строительство и ввод в действие новой ВЛ- 500 кВ транзита Шу-Жамбыл-Шымкент.

Согласно прогнозного баланса мощностей [2] в Южной зоне ЕЭС РК в среднесрочном периоде 2018-2024 гг. будет иметь место рост дефицита собственных генерирующих мощностей (см. таблицу 2) с 1367 МВт (2018 г.) до 2032 МВт (2024 г.).

Таблица 2.

Прогнозный баланс мощностей Южной зоны ЕЭС РК на период 2018-2024 гг.

Южная зона		МВт						
№	Наименование	прогноз						
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
	Потребность	3942	4061	4234	4363	4493	4612	4709
1	Максимальная электрическая нагрузка	3650	3760	3920	4040	4160	4270	4360
2	Необходимый резерв мощности	292	301	314	323	333	342	349
2.1	- первичный (учтен в Северной зоне)	0	0	0	0	0	0	0
2.2	- вторичный	292	301	314	323	333	342	349
	Генерация							
1	Существующие станции, с учетом выбытия мощностей							
1.1	Установленная мощность	3376	3375	3375	3375	3273	3100	3100
1.2	Располагаемая мощность	2655	2655	2656	2663	2609	2443	2450
1.3	Неиспользуемая мощность	117	116	116	116	116	116	116
1.4	Дефицит (+), избыток (-) без учета необходимого резерва	1111	1221	1380	1493	1667	1943	2026
1.5	Дефицит (+), избыток (-) с учетом необходимого резерва	1403	1522	1694	1816	2000	2285	2375
2	Планируемый ввод мощностей							
2.1	Установленная мощность	339	582	1008	1209	1634	1838	2043
2.2	Располагаемая мощность	313	516	950	1150	1576	1780	1984
2.3	Неиспользуемая мощность	276	455	831	1032	1233	1437	1641
3	Итого (существующие и планируемые)							
3.1	Установленная мощность	3715	3957	4383	4584	4908	4939	5143
3.2	Располагаемая мощность	2968	3172	3606	3813	4185	4223	4435
3.3	Неиспользуемая мощность	393	572	948	1149	1349	1553	1758
3.4	Дефицит (+), избыток (-) без учета необходимого резерва	1075	1160	1262	1375	1324	1600	1683
3.5	Дефицит (+), избыток (-) с учетом необходимого резерва	1367	1461	1576	1698	1657	1942	2032
3.6	Перетоки с Северной зоной (+ прием, - передача)	1367	1461	1576	1698	1657	1942	2032

Покрытие прогнозного дефицита мощностей Южной зоны (см. таблицу 2) предусматривается увеличением перетока мощности с Северной зоны с 1367 МВт (2018 г.) до 2032 МВт (2024 г.).

С учетом данных прогнозного баланса мощностей Южной зоны ЕЭС РК для обеспечения энергетической независимости южных областей Казахстана от поставок электроэнергии из энергосистем ОЭС ЦА, рассмотрено поэтапное строительство второй цепи транзита Шу-Жамбыл-Шымкент:

Этап 1. Строительство первого участка ВЛ-500 кВ ПС-Шу – ПС Жамбыл

Выполненный расчет предельно допустимого перетока мощности **Рпред.доп** в южные области Казахстана после включения новой ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл (рисунок 5) показал.

- При вводе в действие новой ВЛ-500 кВ ПС Шу – ПС Жамбыл, отдельной работе с энергосистемой Кыргызстана и параллельной работе с энергосистемой Узбекистана допустимый предел передаваемой мощности по транзиту 500 кВ Шу – Жамбыл – Шымкент составит **Рпред. доп** = $(1563 - \Delta P_{\text{нерег.}}) / P_{20\%} = (1563 - 200) / 1,2 = \underline{\underline{1135 \text{ МВт.}}}$

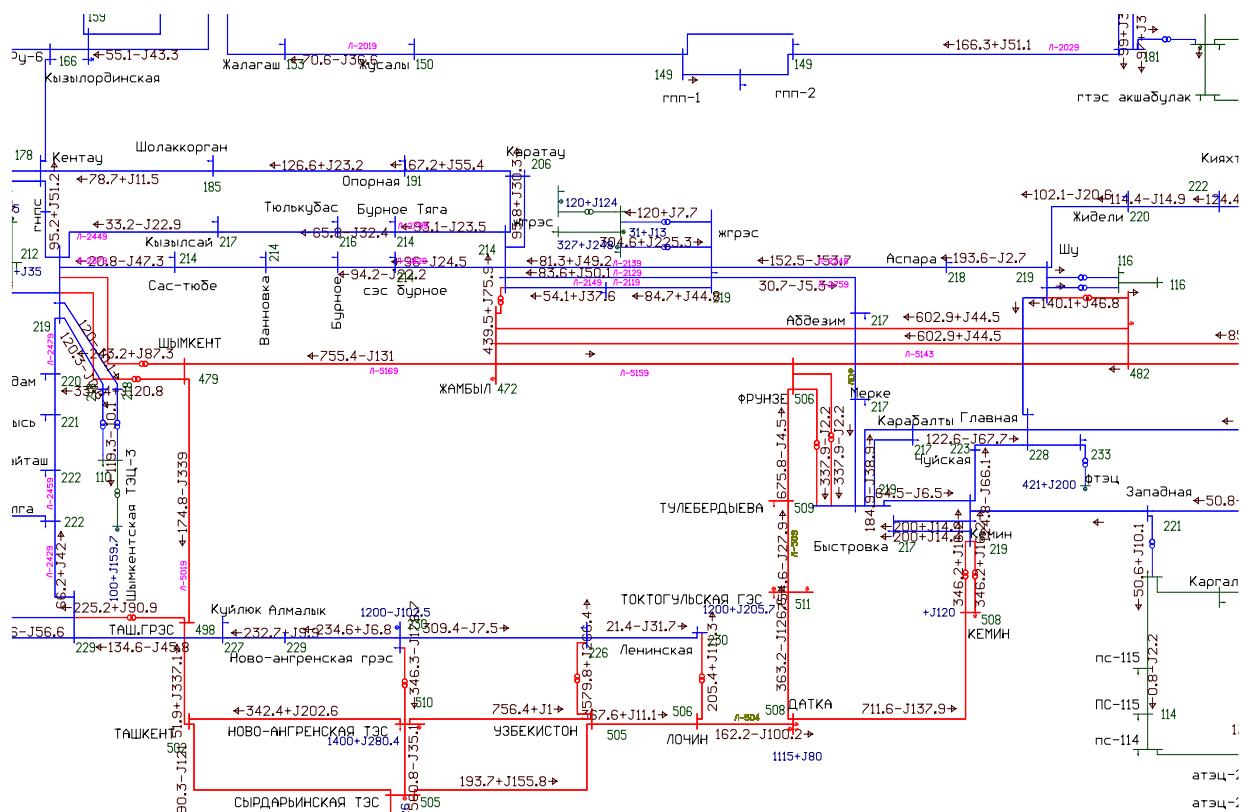


Рисунок 5. Включена новая ВЛ 500 кВ Шу-Жамбыл при раздельной работе с энергосистемой Кыргызстана. $R_{пред} = 1563 \text{ МВт} / P_{20\%} = (1563 - 200) / 1,2 = 1135 \text{ МВт}$

Для обеспечения надежности послеаварийного режима необходимо предусмотреть противоаварийную автоматику по отключению Л-5159 и/или Л-5169 и/или новой ВЛ-500 кВ ПС Шу – ПС Жамбыл, а также организовать пуск САОН юга Казахстана (имеющийся объем 200 МВт), а в случае необходимости и САОН Узбекской энергосистемы от устройств фиксации отключения линий (УФОЛ).

Итак, ввод в действие новой ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл повысит пропускную способность транзита Шу-Жамбыл-Шымкент более, чем в 2 раза - с 500 МВт (одноцепный режим) до 1135 МВт.

Этап 2. Строительство второй ВЛ-500 кВ ПС Жамбыл – ПС Шымкент

Расчет допустимой величины $R_{пред, доп}$ передаваемой мощности при работе двух цепей транзита 500 кВ ПС Шу – ПС Жамбыл – ПС Шымкент (см. рисунок б) показывает, что величина $R_{пред}$ составит $R_{пред} = (1789 - \Delta P_{нерег.}) / \text{МВт} / P_{20\%} = (1789 - 200) / 1,2 = 1324 \text{ МВт}$, что обеспечивает покрытие дефицита мощности южных областей Казахстана при росте нагрузок согласно прогнозного баланса на 2018-2024 г. и более.

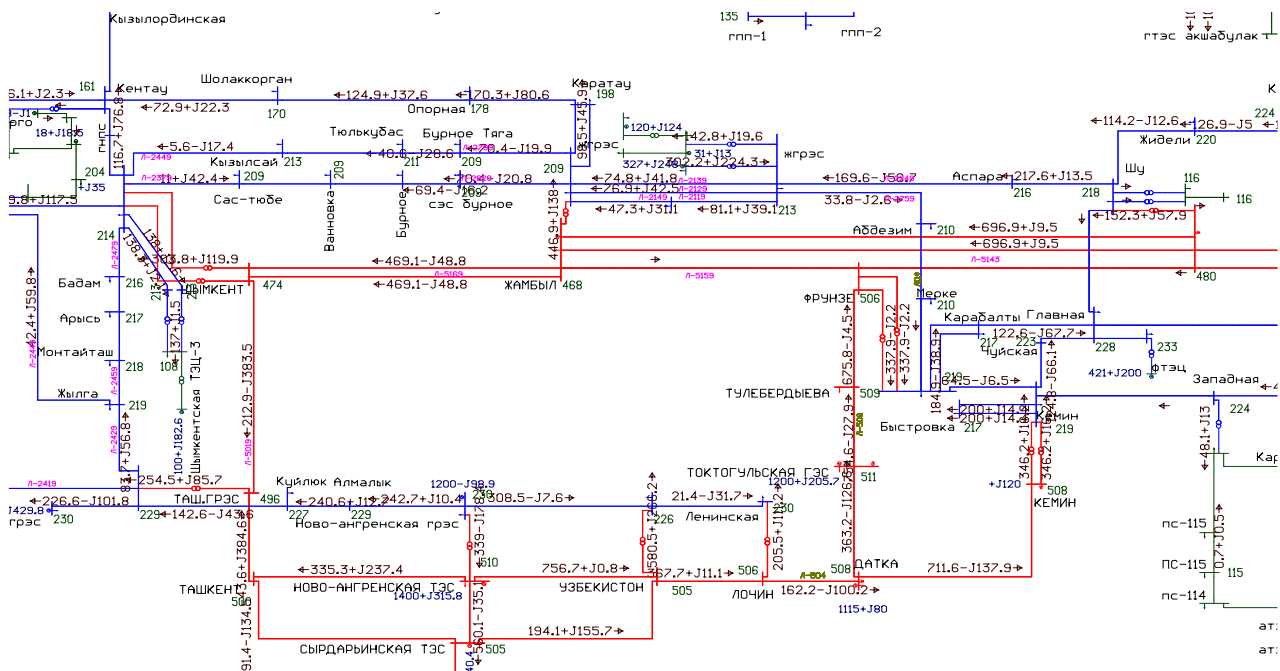


Рисунок 6. Включена новая ВЛ 500 кВ Шымкент-Жамбыл при раздельной работе с энергосистемой Кыргызстана. $P_{пред} = 1789 \text{ МВт} / P_{20\%} = (1789 - 200) / 1,2 = 1324 \text{ МВт}$

Выводы

Реализация проекта строительства новой ВЛ-500 кВ Шу-Жамбыл-Шымкент обеспечит поставку в южные области Казахстана необходимого объема мощности (1400 МВт) от экибастузких ГРЭС для покрытия дефицита собственных генерирующих мощностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Методические указания по устойчивости энергосистем. (Утверждены Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 № 277) - сайт ОАО «СО ЕЭС» www.so-ups.ru.
- [2] Об утверждении прогнозных балансов электрической энергии и мощности на 2018-2024 годы - Приказ Минэнерго РК от 25.12.2017 № 475.

REFERENCES

- [1] Methodical instructions on the stability of power systems. (Approved by Order No. 277 of the Ministry of Energy of Russia, June 30, 2003) - site of JSC "Transmission System Operator UES" www.so-ups.ru
- [2] On approval of forecasted balances of electricity and capacity for 2018-2024 years - Order of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, December 25, 2017 № 475.

ШУ-ЖАМБЫЛ-ШЫМКЕНТ 500 кВ ӘЖ ЕКІНШІ ТІЗБЕГІН ҚҰРУ БАРЫСЫНДА ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТӘУЕЛСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Куандыкова А.А., Искаков А.К., Утегулов Н.И.

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан
«ZHERSU» Инвестициялық өндірістік корпорациясы, Алматы қ., Қазақстан

Аңдатпа. Шу-Фрунзе-Жамбыл-Шымкент 500 кВ ӘЖ бір тізбек арқылы ҚР оңтүстік облыстарына қуат көлемін жіберу мүмкіндігін шектейді, сонымен қатар Жамбыл стансасы (ЖГРЭС) 3 блокты режимде жұмысы кезінде және Орталық Азия БЭЖ–нен 400 МВт көлемінде қуат swap-жеткізілуін талап етеді.

2018 жылдың 1 шілдесінен бастап тауарлық газдың бағасының көтерілуі жағдайында ЖГРЭС электр энергиясының өзіндік құны 11,92 тг / кВтс-қа дейін оседі. Соның салдарынан ЖГРЭС жұмысы тоқтап қалуына мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасының оңтүстік аймақтарының ОА БЭЖ-дан электр энергиясын swap-жабдықтауға тәуелділігі күрт ұлғай түседі.

Ағымдағы жағдайды ескере отырып, Қазақстан Республикасының оңтүстік өңірлерінің энергетикалық тәуелсіздігін қамтамасыз ету мақсатында, Шу-Жамбыл-Шымкент 500 кВ әуе желісінің екінші тізбегін салудың орындылығы мақалада қарастырылған.

Түйін сөздер: энергетикалық тәуелсіздік, қуат балансы, әуе желісінің өткізу қабілеті, статикалық тұрақтылық бойынша жіберілетін қуат шегі.

ENSURING ENERGY INDEPENDENCE OF THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN ON THE BASIS OF CONSTRUCTION OF THE SECOND CIRCUIT OF 500 kV OVERHEAD LINE SHU-ZHAMBYL-SHYMKENT

Iskakov A.K., Kuandykova A.A., Utegulov N.I.

Almaty University of Power engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan
«ZHERSU» Investment and Industrial Corporation, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The presence of one circuit of the 500 kV overhead line Shu-Frunze-Zhambyl-Shymkent limits the capacity transfer opportunities to the southern regions of the Republic of Kazakhstan, and leads to the swap-supply of capacity from the UES of Central Asia in the amount of 400 MW and more even when the Zhambyl regional hydro-electric power plant (henceforth – ZhRHPP) operates in a 3-block mode.

The increase in the price of commercial-grade gas from July 1, 2018 will lead to cost supplement of generating electricity from the ZhRHPP, at least up to 11.92 tg / kWh, and as a result, ZhRHPP will be shut down in the autumn-winter period of 2018-2019 years. At the same time, the dependence of the southern regions of the Republic of Kazakhstan on the swap-supply of electricity from the UES of Central Asia will increase sharply.

Taking into account the current situation, in order to ensure energy independence of the southern regions of the Republic of Kazakhstan, the article considers the feasibility of constructing a second circuit of 500 kV overhead line Shu-Zhambyl-Shymkent.

Keywords: energy independence, capacity balance, line capacity, transmission limit in terms of steady-state stability.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Ю.И. Ефремова

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЧ-АД

Аннотация. В статье изложены краткие сведения структурной схемы частотно – регулируемого асинхронного электропривода. Дается математическое описание динамики замкнутого частотно – регулируемого асинхронного электропривода и новая программа расчета фазовой траектории системы в MATLAB. Приводится визуализация решения дифференциальных уравнений динамики электропривода в фазовых координатах для трехмерного процесса.

Одной из прогрессивных разновидностей автоматического управления является программное управление асинхронными электроприводами. Наиболее успешно программное управление реализуется в системах с обратной связью. Распространенными методами автоматического управления электроприводами являются:

управление в функции времени . Реализация принципа управления во времени осуществляется с помощью реле времени. Данный принцип позволяет простыми и надежными средствами осуществлять управления независимо от внешних условий (напряжения сети, момента нагрузки), однако при осуществлении управления в функции времени происходит возрастание пускового тока при перегрузке двигателя, также увеличение времени пуска при перегрузке.

Управление в функции скорости производят после достижения двигателем заданной скорости вращения. Обычно скорость контролируется косвенным путем: для синхронных и асинхронных машин – по частоте тока в цепи ротора. Контроль скорости с помощью реле или тахогенераторов, соединенных с валом двигателя, не дает требуемой точности измерения скорости или приводят обычно к слишком сложным и дорогим схемам аналогового управления.

Наиболее приемлемым и перспективным способом является самонастраивающееся частотное управление асинхронным двигателем с помощью преобразователя частоты и программируемого контроллера, исследование этой модели мы провели в интерактивной среде MATLAB.

Структурная схема замкнутого частотно – регулируемого электропривода (ЧРЭП) переменного тока показана на рисунке 1 в среде MATLAB. Структурная схема замкнутого ЧРЭП состоит: из структурной схемы асинхронного двигателя (АД) с двумя передаточными функциями [1], охваченные единичной обратной связью по скорости, преобразователя частоты, (ПЧ), который в структурной схеме, рассматривается как безынерционное звено, и нелинейного корректирующего устройство (НКУ). НКУ придает системе как бы свойство самонастройки по величине ошибки, возникающей в системе в процессе управления [2]. Систему управления ЧРЭП следует рассматривать как нелинейную систему управления, так как НКУ имеет множительное звено, звено вычисления модуля ($abs(x)$) сигнала и функцию знака $sign(x)$.

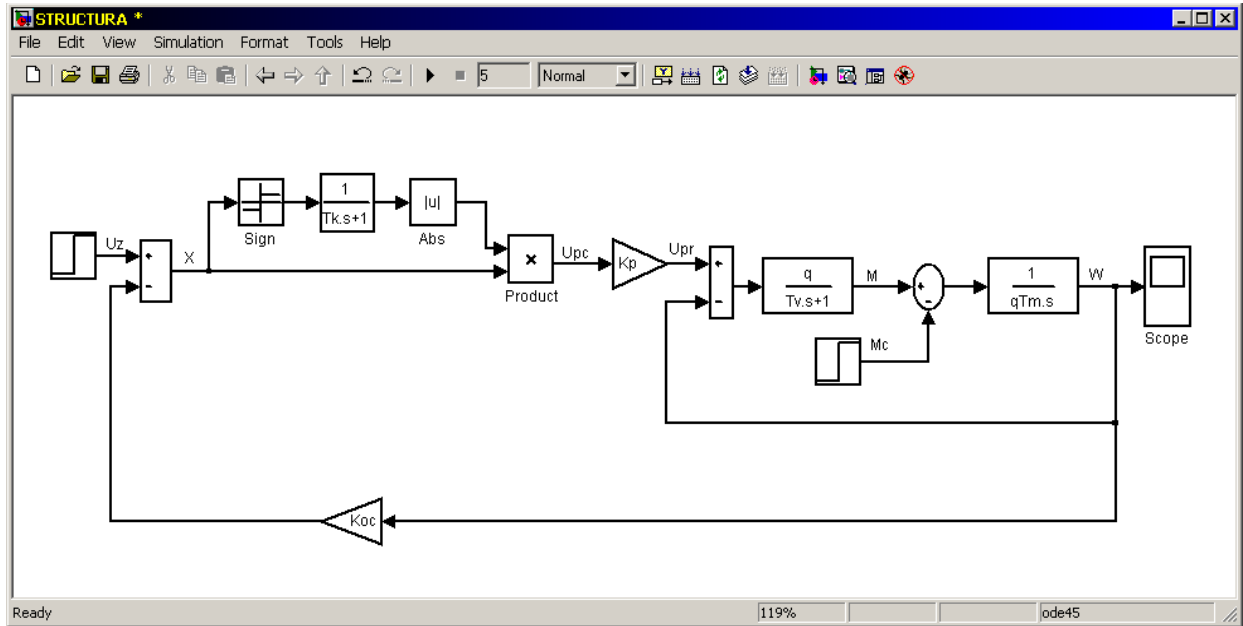


Рисунок 1. Структурная схема модели частотно – регулируемого асинхронного электропривода

Рассмотрим определение устойчивости движения замкнутого ЧРЭП методом фазовых траекторий с помощью MATLAB. Уравнение динамики АД можно записать в следующем виде:

$$\frac{d^2\Delta\omega}{dt^2} + \frac{1}{T_V} \frac{d\Delta\omega}{dt} + \frac{1}{T_V T_m} \Delta\omega = \frac{k_P}{T_V T_m} \Delta U_{PC}.$$

Приведем уравнение динамики АД к нормальной системе дифференциальных уравнений первого порядка [3]:

$$\frac{d\Delta y}{dt} = \Delta y, \quad (1)$$

$$\frac{d\Delta y}{dt} = \frac{k_P}{T_V T_m} \Delta U_{PC} - \frac{1}{T_V T_m} \Delta\omega - \frac{1}{T_V} \Delta y,$$

где $\Delta\omega$ – приращение скорости асинхронного двигателя; ΔU_{PC} – приращение напряжения на выходе НКУ; k_P – передаточный коэффициент преобразователя частоты; T_V – электромагнитная постоянная времени цепей статора и ротора АД; T_M – электрохимическая постоянная времени АД.

Приращение напряжения на выходе НКУ имеет вид

$$\Delta U_{PC} = abs(y_1) * (\Delta U_Z - k_{oc} \Delta\omega), \quad (2)$$

здесь ΔU_z – приращение напряжения на входе системы, k_{oc} – коэффициент обратной связи по скорости системы, y_1 – сигнал на выходе передаточной функции НКУ.

Подставляем уравнение (2) во второе уравнение системы уравнений (1), получим следующую систему уравнений:

$$\frac{d\Delta\omega}{dt} = \Delta y, \quad (3)$$

$$\frac{d\Delta y}{dt} = \frac{k_p}{T_V T_m} \text{abs}(y_1) * (\Delta U_z - k_{oc} \Delta\omega) - \frac{1}{T_V T_m} \Delta\omega - \frac{1}{T_V} \Delta y,$$

Инерционное звено НКУ, с учетом знаковой функции $\text{sign}(x)$ [4] и обратной связи по скорости системы, описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{d\Delta U_1}{dt} = \frac{1}{T_K} \text{sign}(U_z - k_{oc} \Delta\omega) - \frac{1}{T_K} \Delta U_1, \quad (4)$$

где ΔU_1 – напряжение на выходе инерционного звена НКУ.

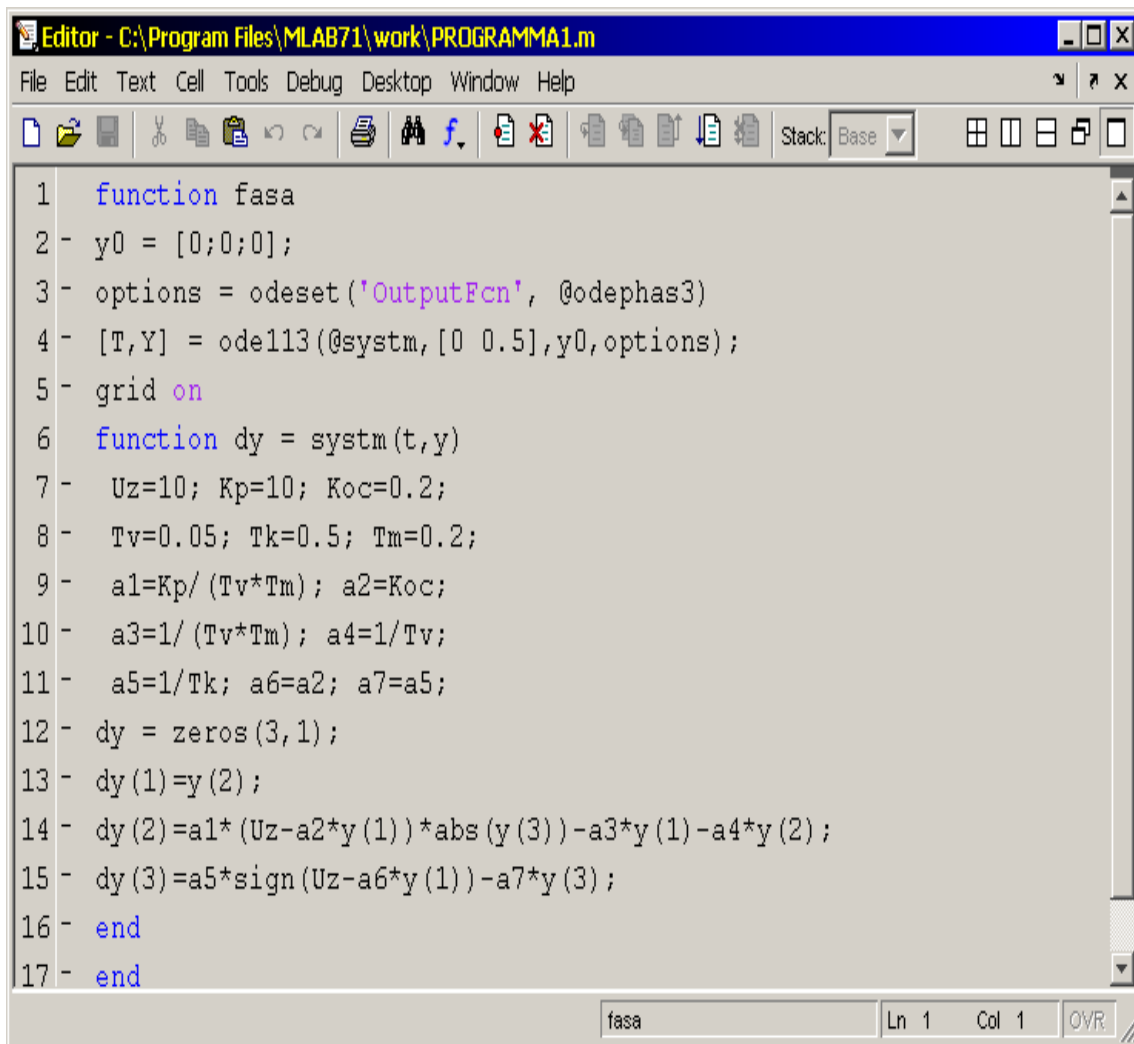
Приведем систему уравнений (3) и уравнение (4) к удобному виду для расчета фазовой траектории системы в среде MATLAB. Система уравнений принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2; \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_1(\Delta U_z - a_2 x_1) * \text{sign}(x_3) - a_3 x_1 - a_4 x_2; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = a_5 \text{sign}(\Delta U_z - a_6 x_1) - a_7 x_3,$$

здесь $x_1 = \Delta\omega$, $x_2 = \Delta y$, $x_3 = \Delta U_1$, $a_1 = K_p / T_V T_m$, $a_2 = k_{oc}$,
 $a_3 = 1 / T_V T_m$, $a_4 = 1 / T_V$, $a_5 = 1 / T_K$, $a_6 = a_2$, $a_7 = a_5$.

Программа расчета фазовой траектории приведена на рисунке 2.



```
1 function fasa
2 - y0 = [0;0;0];
3 - options = odeset('OutputFcn', @odephas3)
4 - [T,Y] = ode113(@system,[0 0.5],y0,options);
5 - grid on
6 function dy = system(t,y)
7 - Uz=10; Kp=10; Koc=0.2;
8 - Tv=0.05; Tk=0.5; Tm=0.2;
9 - a1=Kp/(Tv*Tm); a2=Koc;
10 - a3=1/(Tv*Tm); a4=1/Tv;
11 - a5=1/Tk; a6=a2; a7=a5;
12 - dy = zeros(3,1);
13 - dy(1)=y(2);
14 - dy(2)=a1*(Uz-a2*y(1))*abs(y(3))-a3*y(1)-a4*y(2);
15 - dy(3)=a5*sign(Uz-a6*y(1))-a7*y(3);
16 - end
17 - end
```

Рисунок 2. Программа расчета фазовой траектории

Отметим, что в программе для расчета фазовой траектории системы используется стандартная функция *odephas3*, обеспечивающая построение графика фазовой траектории системы в фазовых координатах для трехмерного процесса [5]. Расчет фазовой траектории замкнутого ЧРЭП осуществляется для асинхронного двигателя 4A180M8У3 (15 кВт). Визуализация фазовой траектории представлена на рисунке 3.

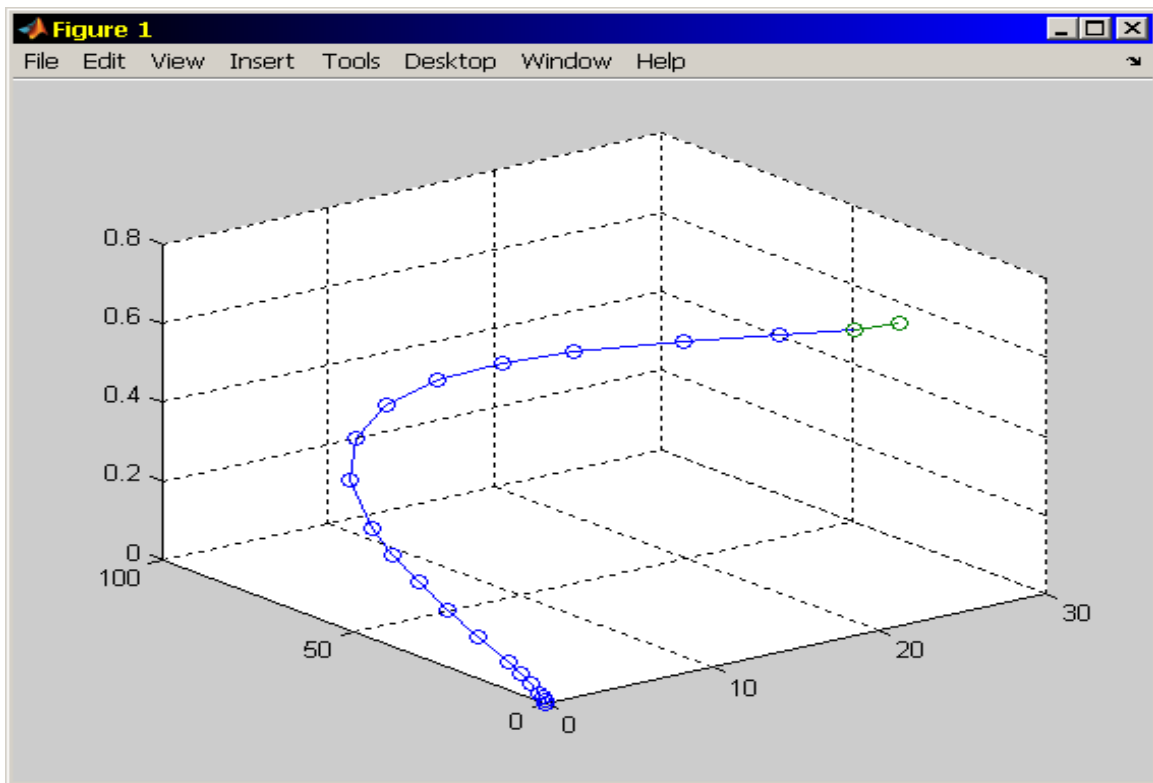


Рисунок 3. Фазовая траектория в пространстве координат системы

Фазовая траектория системы показывает устойчивость движения замкнутого ЧРЭП [2]. В приведенной структурной схеме (рисунок 1) передаточная функция ПЧ была представлена как безынерционное звено системы. Однако с целью повышения качества переходных процессов скорости и тока АД рассмотрим передаточную функцию ПЧ как инерционное звено вида $W_{PR}(s) = k_p / (T_p s + 1)$. В связи с этим, также необходимо определить устойчивость замкнутого ЧРЭП с помощью математической системы MATLAB [6]. Уравнения динамики ЧРЭП в символьном виде, можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} x_1 - w_1 \cdot x_2 = 0; \\ x_1 + (1/w_2) \cdot x_2 - x_3 = 0; \\ x_3 - w_3 \cdot x_4 = 0; \\ x_4 = (w_4 - w_4^2/2 + w_4^3/3) \cdot \text{sign}(x_5); \\ k_c \cdot x_1 + x_5 - u = 0, \end{cases} \quad (6)$$

где $x_1 = \omega$ – угловая скорость АД, $x_2 = M$ – момент АД, $x_3 = U_{PR}$ – напряжение на выходе ПЧ, $x_4 = U_{НКУ}$ – напряжение на выходе нелинейного корректирующего устройства (НКУ), $x_5 = U_0$ – напряжение ошибки системы.

Программа определения устойчивости движения ЧРЭП в среде MATLAB приведена на рисунке 4,


```

1 function USTOI
2 - syms w1 w2 w3 w4
3 - f1=sym('x1-w1*x2');
4 - f2=sym('x1+(1/w2)*x2-x3');
5 - f3=sym('x3-w3*x4');
6 - f4=sym('-(w4-(w4^2)/2+(w4^3)/3)*sign(x5)+x4');
7 - f5=sym('kc*x1+x5-u');
8 - [x1,x2,x3,x4,x5]=solve(f1,f2,f3,f4,f5);
9 - w1=tf([0.2],[1 0]); w2=tf([25],[0.05 1]);
10 - w3=tf([5],[0.001 1]); w4=tf([1],[0.2 1]);
11 - kc=0.2; u=10;
12 - R1=eval(x1); W1=minreal(R1);
13 - R2=eval(x2); W2=minreal(R2);
14 - t=[0:0.001:3];
15 - [y1,t]=step(W1,t); [y2,t]=step(W2,t);
16 - subplot(211),plot(t,y1),
17 - title('Speed AD')
18 - grid
19 - subplot(212),plot(t,y2),
20 - title('Moment AD')
21 - xlabel('Time (c)')
22 - grid
23 - p=pole(W1)
24 - end
    
```

Рисунок 4. Программа определения устойчивости замкнутого ЧРЭП

В результате счета программы, с помощью функции MATLAB *pole* (строка 23), определяются корни характеристического уравнения передаточной функции замкнутого ЧРЭП, показанные на рисунке 5.

```

p =
1.0e+003 *
-1.0000
-0.0100 + 0.0000i
-0.0100 - 0.0000i
-0.0050 + 0.0000i
-0.0050 - 0.0000i
-0.0050
    
```

Рисунок 5.

Так как все корни характеристического уравнения передаточной функции с отрицательной частью, то согласно [4] движение замкнутого ЧРЭП переменного тока устойчиво.

Выводы

1. Разработана система управления частотно – регулируемого асинхронного электропривода с нелинейным корректирующим устройством..
2. Разработано математическое описание динамики замкнутого частотно – регулируемого асинхронного электропривода.
3. Разработана программа расчета фазовой траектории для уравнений третьего порядка в MATLAB динамики замкнутого ЧРЭП с целью определения его устойчивости .
4. Разработана программа определения устойчивости

Литература

1. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр « Академия», 2008.
2. Попов Е. П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, Гл. ред. физ. – мат. лит.,1988.
3. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отделение, 1982.
4. Теория автоматического управления. Ч. II. Под ред. А.В. Нетушила. – М.: « Высшая школа», 1972.
5. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005.
6. Ефремова Ю.И. Шадхин Ю.И. Исследование устойчивости нелинейной системы: преобразователь частоты – асинхронный двигатель.- Промышленность Казахстана № 12.2016г.

Резюме

Метод фазовой траектории дает возможность получить в фазовом пространстве наглядную и точную картину совокупности переходных процессов в нелинейных систем при любых начальных условиях для свободных колебаний в системах второго порядка, содержащих нелинейные элементы. Однако с помощью системы MATLAB имеется возможность получить фазовую траекторию для нелинейной системы третьего порядка, что позволяет осуществить анализ системы на автоколебания и её устойчивость.

УДК 621.313.3

Е. Хидолда, Б. Саден

SATBAYEV UNIVERSITY, Алматы, Казахстан

СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕЛЕЖКИ МОЩНОГО МОСТОВОГО КРАНА В ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНОЙ ОСЯХ

Аннотация. Выполнен анализ перекосов опорных балок мостового крана и поперечного смещения продольной тележки. Предложена система управления перекосом и смещением продольной тележки. Определены настройки ПИД-регулятора системы управления.

Ключевые слова: мостовой кран, перекос, смещение, математическая модель, электропривод, система регулирования.

В металлургии, энергетике, строительстве для перемещения грузов большой массы применяются мостовые электрические крюковые краны грузоподъёмностью 150т и более. Для таких кранов механизмы передвижения выполняются с отдельным электроприводом. К особенностям этих механизмов следует отнести: работа приводов при различных нагрузках вследствие разных положений тележки с грузом в пролёте крана и различия механических характеристик двигателей, что может привести к образованию перекоса крана. Перекос также может возникнуть в случаях отказа двигателя или тормоза одного из приводов. Различие в диаметрах приводных колес практически не сказывается на работе двигателя, так как оно компенсируется скольжением роторов двигателей. Механизмы с отдельным приводом широко распространены и являются основным типом механизма в современных кранах.

В последнее время увеличивается число кранов с электроприводом на переменном токе в связи с совершенствованием систем частотно-регулируемого электропривода. Системы управления с преобразователями частоты (ПЧ - АД) позволяют в крановых электроприводах при применении асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором получить высокий диапазон регулирования скорости при хороших динамических показателях электропривода.

Прямолинейное движение кранов возможно только при соблюдении определенных условий, главными из которых являются: начальное положение крана, при котором ось крана параллельна рельсовым путям; хорошее состояние рельсовых путей; равные диаметры приводных колес и установка их параллельно оси крана; одинаковые сопротивления передвижению опор (концевых балок); сохранение сцепления приводных колес с рельсами. В реальных условиях эксплуатации эти условия, как правило, не соблюдаются, поэтому при движении крана одна из опор опережает другую (забегает) и образует перекос крана.

Различают два вида перекоса – свободный и упругий. Свободный перекос образуется постепенно на сравнительно большом пути движения крана в пределах зазоров между ребордами колес и рельсами. Наибольший перекос ограничивается касанием реборд колес с рельсами; действующие при этом силы прижатия реборд (боковых роликов) к головкам рельсов называют боковыми (поперечными) силами. Эти силы обуславливают силу трения реборд колеса с рельсом и, как следствие этого, дополнительное сопротивление

передвижению крана и интенсивное изнашивание реборд и боковых поверхностей головок рельсов. Для уменьшения перекосов ходовая часть крана и рельсовые пути должны быть всегда в исправном состоянии.

При упругом перекосе происходит забегание одной опоры крана относительно другой вследствие упругой деформации стальной конструкции крана под действием избыточной движущей силы одного приводного колеса – силы перекоса. Наибольшие упругие перекосы имеют место в периоды разгона и торможения крана в случаях положения тележки с грузом около опоры (концевой балки), так как при этом сопротивления передвижению опор различаются в 1.5 и более раз. Менее нагруженный двигатель развивает большую частоту вращения, и эта опора забегает, вызывая упругую деформацию стальной конструкции крана в горизонтальной плоскости. При этом сила упругой деформации для этого двигателя одновременно является дополнительной нагрузкой, что приводит к снижению его частоты вращения. Для двигателя отстающей опоры сила упругой деформации проявляется как дополнительная движущая сила, поэтому этот двигатель частично разгружается, и его частота вращения возрастает. Таким образом, через стальную конструкцию крана происходит взаимодействие двигателей приводов опор, результатом которого является выравнивание их нагрузок. Кран продолжает движение, но при этом стальная конструкция нагружена силой перекоса, которая равна численно силе упругой деформации. В условиях эксплуатации оба вида перекоса – свободный и упругий – проявляются одновременно.

Перекося моста крана приводит к увеличению нагрузки на конструкции и механизмы опор моста, а также износ подкранового пути и реборд колес, ухудшает динамические свойства крана и создает опасные условия работы персонала. Основными причинами возникновения перекоса моста являются переменная нагрузка на приводы передвижения, вызванная изменяющимся положением тележки с грузом, не идентичность деталей и передаточных механизмов электроприводов, переменный характер взаимодействия колеса и подкранового пути, конструктивные несовершенства крановых узлов и погрешности применявшихся методов их расчета.

Исходя из вышесказанного, была разработана система компенсации перекоса мостового крана в продольном направлении его движения, а также система регулирования положением моста в поперечном направлении по отношению к линии рельс. Если перекося моста при работе системы управления устраняется, то точность перемещения груза краном возрастает. Одновременно с этим уменьшается и износ реборд колес моста, что повышает надежность работы крана.

Для устранения нагрузок, возникающих при соприкосновении реборд колес продольной тележки крана с рельсами, необходимо устранить перекося и поперечное смещение продольной тележки. Общая система управления включает в себя векторные СУ каждого АД и регулятор общей системы, вырабатывающий сигналы коррекции заданий угловых скоростей индивидуальных ЭП в зависимости от возникающих рассогласований в движении частей моста. Обеспечение прямонаправленного движения моста без касания ребордами колес рельсов при наличии различных установочных углов перекоса колес может быть достигнуто только при определенном различии развиваемых электромагнитных моментов АД. При этом прямолинейное движение моста в заданном направлении может быть достигнуто, как при возникновении угла поворота моста

относительно заданного направления, так и при отсутствии этого угла. Выполнение второго условия является более сложной задачей, решение которой требуется при больших однонаправленных углах установочного перекоса колёс. Для обеспечения движения без поворота моста с нулевой ошибкой центра масс крана по оси "х" необходимо индивидуальное управление каждым двигателем. Для этого была разработана система управления электроприводом, выравнивающая скорости бортов тележки. Схема такой системы управления представлена на рисунке 1. Обозначения на рисунке: тележка – модель продольной тележки; привод 1.1, привод 2.1- частотный преобразователь и асинхронный двигатель, предназначенный для приведения в движение соответствующего колеса тележки, индекс 1.# означает ведущий борт тележки, индекс 2.# ведомый борт; P_ϕ – регулятор угла перекоса; P_y – регулятор поперечного смещения; D_ϕ – датчик перекоса тележки, либо система датчиков, несущая информацию о величине угла перекоса; D_y – датчик поперечного смещения тележки (смещение относительно колеса привода 1.1); D_c – датчик скорости движения тележки; V_3 – заданная скорость тележки; V_T – текущая скорость движения тележки; M_1, M_2 – моменты привода 1.1 и привода 2.1 соответственно; ϕ – угол перекоса тележки; y – поперечное смещение тележки.

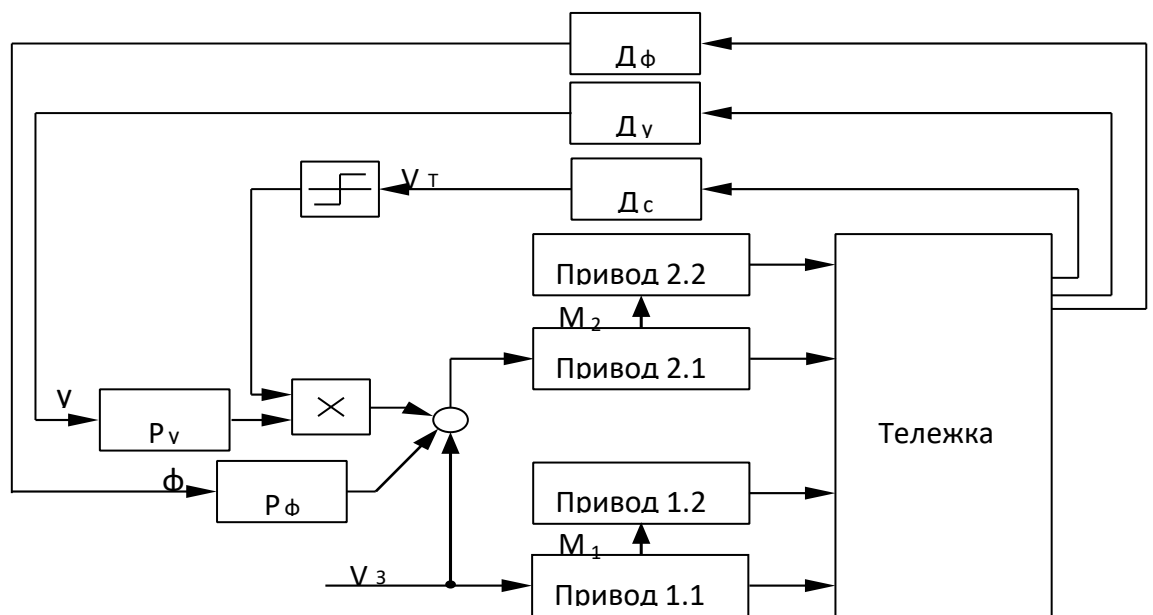


Рисунок 1 – Система управления перекосом и смещением продольной тележки

Регулируемой величиной является угол ϕ перекоса тележки, объектом регулирования является привод ведомого борта тележки, управляющее воздействие – скорость привода ведущего борта тележки.

Математическая модель движения крана имеет сложную структурную схему и множество перекрещивающихся связей, поэтому необходимо упростить её для расчета регулятора. В математической модели четырехдвигательного асинхронного ЭП передвижения мостового крана [2] были приняты следующие допущения: тележка неподвижна и находится в центре моста; масса крана представлена в виде сосредоточенной, размещенной в центре моста; проскальзывание между колесом и рельсом отсутствует; раскачивание груза не рассматривается; мост, рельсы и подкрановый

рельсовый путь принимаются абсолютно жесткими; характеристики всех АД и векторных СУ приняты одинаковыми; асинхронные ЭП с векторными СУ представлены в модели с идеализированными двигателями и преобразователями частоты с автономными инверторами напряжения с широтно-импульсной модуляцией, задаваемых в виде постоянных значений намагничивающих проекций статорного тока и линеаризованных передаточных функций замкнутых контуров регулирования активных проекций статорных токов и частот вращения двигателей; в СУ использовался задатчик интенсивности, обеспечивающий плавный разгон. Для упрощения модели движения продольной тележки пренебрежем силой трения скольжения колес тележки при перекосе. Примем, что поперечная тележка смещена к одному из бортов продольной тележки. Кроме того, математическая модель движения крана имеет большой порядок, поэтому для расчета регулятора необходимо понизить порядок системы.

Упростив математическую модель движения крана по вышесказанному методу, опуская преобразования, получим передаточную функцию объекта - аperiodического звена второго порядка:

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_{01}p + 1)(T_{02}p + 1)} \quad (1)$$

Входом в системе является задаваемая скорость вращения ведомого привода, а выходом - угол перекоса продольной тележки.

Для аperiodического звена второго порядка необходимо применять ПИД-регулятор [3]. При этом, предполагая, что постоянные $T_{01} > T_{02}$ и $T_{01} > 4T_{\mu}$, нужно принять:

при $T_{02} > 4T_{\mu}$

$$\tau_{p1} = T_{02}; \tau_{p2} = 4T_{\mu}; k_p = T_{02} / (2T_{\mu} \cdot k_{\Pi} \cdot k_0 \cdot k_{oc}) \times T_{01} / (4T_{\mu});$$

при $T_{02} < T_{\mu}$

$$\tau_{p1} = 4T_{\mu}; \tau_{p2} = T_{02}; k_p = T_{01} / (2T_{\mu} \cdot k_{\Pi} \cdot k_0 \cdot k_{oc}).$$

Тогда передаточная функция регулятора имеет вид:

$$W_p(p) = k_p \frac{(\tau_{p1}p + 1)(\tau_{p2}p + 1)}{\tau_{p1}p}, \quad (2)$$

где $\tau_{p1} = T_{01}$, $\tau_{p2} = T_{02}$.

Рассчитаем ПИД-регулятор для настройки на оптимум по модулю. Такая настройка применяется для систем второго порядка, ее называют также настройкой на технический оптимум. При этом обеспечивается переходный процесс, близкий к оптимальному, при котором будет небольшое перерегулирование и относительно высокое быстродействие [3]. Система или контур, в котором стремятся реализовать стандартные настройки, могут содержать нелинейные элементы. Например, передаточная характеристика преобразователя является нелинейной. Причем связь между выходным и входным напряжениями выражается гладкой нелинейной зависимостью. Очевидно, что в этом

случае система, настроенная на оптимум в одной рабочей точке нелинейной характеристики преобразователя, оказывается расстроенной в другой точке. Если при настройке на оптимум по модулю при переходе в новую рабочую точку коэффициент преобразователя уменьшается, то система становится более вялой с затянутым переходным процессом. При увеличении передаточного коэффициента запас устойчивости в системе уменьшается, и она становится более колебательной, а при увеличении передаточного коэффициента вдвое теряет устойчивость. При настройке системы на симметричный оптимум запас устойчивости уменьшается как при увеличении, так и при уменьшении передаточного коэффициента.

Коррекцию системы регулирования будем осуществлять путем подбора передаточной функции регулятора $W_p(p)$, обеспечивающей оптимальный переходный процесс [3].

Таким образом, передаточная функция объекта:

$$W(p) = \frac{12,88 \cdot 10^{-3}}{(269,71p + 1)(2,7578p + 1)},$$

а k_p определяется по $k_p = T_{01} / (2T_{\mu} \cdot k_{\pi} \cdot k_o \cdot k_{oc})$ [4].

Структурная схема упрощенной модели с ПИД-регулятором представлена на рисунке 2.

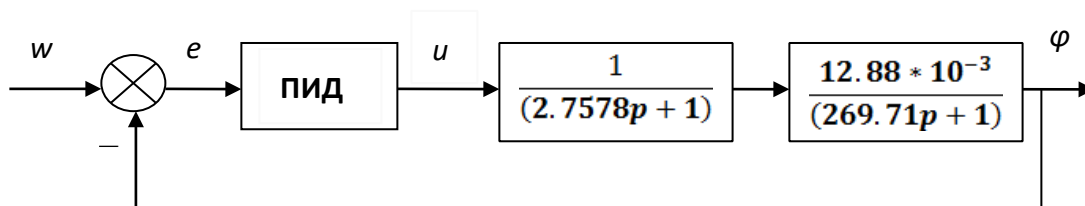


Рисунок 2 – Структурная схема упрощённой модели

Таким образом, параметры регулятора имеют значения:

$$k_p = \frac{269,71}{2 \cdot 2,7578 \cdot 12,88 \cdot 10^{-3}} = 7,10409 \cdot 10^3,$$

$$\tau_{p1} = 269,71,$$

$$\tau_{p2} = 2,7578.$$

Вычислим пропорциональную, интегральную и дифференциальную составляющие ПИД-регулятора:

$$K = k_p \left(1 + \frac{\tau_{p2}}{\tau_{p1}}\right) = 7,10409 \cdot 10^3 \left(1 + \frac{2,7578}{269,71}\right) = 7.1767 \cdot 10^3, \quad (3)$$

$$T_i = \frac{k_p}{\tau_{p1}} = \frac{7,10409 \cdot 10^3}{269,71} = 26.3397, \quad (4)$$

$$T_d = k_p \cdot \tau_{p2} = 7,10409 \cdot 10^3 \cdot 2,7578 = 19,5917 \cdot 10^3. \quad (5)$$

Рассмотрим систему управления положением моста крана в поперечном направлении. Принцип разработки этой системы такой же, как и для системы управления перекосом крана. Упростим модель движения крана с поперечным смещением. Алгоритм работы такой же, как при упрощении модели движения в продольном направлении.

После упрощения математической модели движения крана, получим передаточную функцию, входом которой является задаваемая скорость вращения ведомого привода, а выходом поперечное смещение продольной тележки:

$$W(p) = \frac{3,1 \cdot 10^{-3}}{(5,6p + 1)(196,253p + 1)p}$$

Настроим систему на оптимум по модулю. Рассчитаем параметры регулятора по вышеприведенной методике:

$$k_p = \frac{196,253}{2 \cdot 5,6 \cdot 3,1 \cdot 10^{-3}} = 5,6451 \cdot 10^3;$$

$$\tau_{p1} = 196,253;$$

$$\tau_{p2} = 5,6.$$

Вычислим пропорциональную, интегральную и дифференциальную составляющие ПИД-регулятора:

$$K = 5,6451 \cdot 10^3 \left(1 + \frac{5,6}{196,253}\right) = 5,8062 \cdot 10^3;$$

$$T_i = \frac{5,6451 \cdot 10^3}{196,253} = 28,7644;$$

$$T_d = 5,6451 \cdot 10^3 \cdot 5,6 = 31,6126 \cdot 10^3.$$

Выводы

1. Составлена упрощенная модель движения крана для расчета регуляторов угла перекоса и поперечного смещения.
2. Определены параметры настроек ПИД-регуляторов для систем регулирования углом перекоса и поперечного смещения продольной тележки мостового крана.
3. При этом, как показали результаты имитационного моделирования, такое управление электроприводами существенно снижает динамические нагрузки, действующие на кран и подкрановые конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство и характеристики мостовых кранов общего назначения [Электронный ресурс] – URL: <http://stroy-technics.ru/article/ustroistvo-ikharakteristiki-mostovyykh-kranov-obshchego-naznacheniya/> (дата обращения: 25.09.2018).
2. Орловский И. А., Бут Ю.С. Математическая модель взаимосвязанного электропривода перемещения мостового крана с общей системой управления. - / Вестник Кременчукского государственного политехнического ун-та им. М.Остроградского. – Кременчук, 2008. – Вып. 4 (51). ч.1. – с. 145–149.
3. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. Уч. пособ. – СПб: Питер, 2005. – 336 с.
4. ПИД-регуляторы [Электронный ресурс] – URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1.aspx/ (дата обращения 29.04.2018).

REFERENCES

1. The device and characteristics of bridge cranes of general purpose [Electronic resource] -URL: <http://stroy-technics.ru/article/ustroistvo-ikharakteristiki-mostovyykh-kranov-obshchego-naznacheniya/> (date of circulation: September 25, 2018).
2. Orlovsky I.A., But Yu.S. Mathematical model of the interconnected electric drive of the traveling crane with a common control system. - / Bulletin of the Kremenchuk State Polytechnic University named after M.Ostrogradsky. - Kremenchuk, 2008. - Issue. 4 (51). Part 1. - from. 145-149.
3. Miroshnik I.V. Theory of automatic control. Linear systems. Uch. Help. - St. Petersburg: Peter, 2005. - 336 p.
4. PID-regulators [Electronic resource] - URL: http://www.bookasutp.com/Chapter5_1.aspx/ (date of circulation September 29, 2018).

**БОЙЛЫҚ ЖӘНЕ КӨЛДЕНЕҢ ОСЬТЕРДЕГІ ҚУАТТЫ КӨПІР КРАНЫНЫҢ
АРБАШАСЫНЫҢ ЭЛЕКТР ЖЕТЕГІН РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ**

Е.Хидолда, Б.Саден

SATBAYEV UNIVERSITY

Андамна. Көпірлі кранның тірек арқалықтарының ауытқулары және бойлық арбашасының көлденең ығысуларының талдаулары орындалған. Бойлық арбашасының ауытқулары мен ығысуларының басқару жүйесі ұсынылған. Басқару жүйесінің ПИД-реттеушілерінің параметрлері анықталған.

Түйінді сөздер: көпірлі кран, перекоc, ығысу, математикалық модель, Электржетек, реттеу жүйесі.

**SYSTEM OF ELECTRIC DRIVE REGULATION OF TROLLEYS OF POWER BRIDGE
CRANE IN LONGITUDINAL AND TRANSVERSE AXLE**

Y.Khidolda, B. Saden

SATBAYEV UNIVERSITY

Abstract. The analysis of the skewings of the supporting beams of the bridge crane and the lateral displacement of the longitudinal trolley is performed. The system for controlling the skew and displacement of the longitudinal trolley is proposed. The settings of the PID controller of the control system are determined.

Keywords: bridge crane, bias, displacement, mathematical model, electric drive, regulation system.

Дараев А. М., Джулаева Ж. Т., Касымова А. Е., Садвокасова Ж. Д.,
Бельчич Л. С.

Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет
Казахская Академия Транспорта и Коммуникаций
Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
СИСТЕМОЙ ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ С
ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ ПО СКОРОСТИ И НАПРЯЖЕНИЮ С ПОМОЩЬЮ
МЕТОДА ПРИНЦИПА МАКСИМУМА**

Аннотация. В статье определена система оптимального управления системы «Тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель». Дается математическое описание динамики системы Тиристорный Преобразователь Напряжения – Асинхронный Двигатель. На основе математического описания системы разработана программа расчета оптимального управления замкнутым асинхронным электроприводом.

Ключевые слова: Структурная схема, преобразователь напряжения, программа расчета, алгоритмический язык MATLAB .

Андатпа. Бапта анықталған жүйе оңтайлы басқару жүйесі "Тиристорлы түрлендіргіш кернеу – асинхронды қозғалтқыш". Беріледі математикалық сипаттамасы динамикасын Тиристорлы Түрлендіргіш Кернеу – Асинхронды Қозғалтқыш. Негізінде математикалық жүйесінің сипаттамасы бағдарлама есебінің оңтайлы басқару тұйықталған асинхронды электр жетегі.

Түйін сөздер: Құрылымдық схемасы түрлендіргіш кернеу бағдарламасы есептеудің алгоритмдік тілі MATLAB .

Одним из способов регулирования скорости вращения асинхронных двигателей является изменения волигины питающего напряжения осуществляемые через тиристорные преобразователи напряжения [1 - 3].

Необходимость определения оптимального уравнения асинхронным электроприводом с системой «тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель» (ТПН-АД) заключается в том, что при прямом пуске могут возникать значительные электромагнитные моменты и токи. Большие броски электромагнитных моментов могут вызывать опасные динамические нагрузки на обмотки электродвигателей и механические напряжения в элементах кинематической цепи асинхронного электропривода [4, 5].

Формирование плавных переходных процессов при пуске и торможении обеспечивает исключение больших динамических нагрузок, что увеличивает срок службы электродвигателей и при большой мощности электропривода исключается воздействие пиковых электрических нагрузок на питающую сеть[2].

Если принять во внимание, что на примере насосных станциях могут быть использованы асинхронные двигатели большой мощности то определение оптимального управляющего

воздействия $u(t)$ является весьма необходимой задачей. Определение оптимального управляющего воздействия регулирования асинхронным электроприводом с ТПН рассматривается на основе дифференциальных уравнений [3].

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= 0217x_4 - 314x_2 + 2x_2x_5 - 3,3x_1, \\
 \frac{dx_2}{dt} &= 0.217x_3 + 314x_1 - 2x_1 \cdot x_5 - 3.3x_2, \\
 \frac{dx_3}{dt} &= 506,5 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 997,6x_1 \cdot x_5 + 311,5x_4 - 217,4x_3, \\
 \frac{dx_4}{dt} &= 1686,7x_1 - 311,5x_3 - 997,6x_2 \cdot x_5 - 217,4x_4, \\
 \frac{dx_5}{dt} &= 28,9x_2x_4 - 28,9x_1x_3, \\
 \frac{dx_6}{dt} &= (K_P / T_P)x_7 - (1/T_P)x_6, \\
 \frac{dx_7}{dt} &= (0.5/T_0) \cdot U - (0.5 \cdot ks \cdot C1) \cdot (1000 \cdot kp \cdot x(7) - 1000 \cdot x(6)) - \\
 &\quad - (0.5 \cdot ks \cdot C2) \cdot (28.9 \cdot x(2) \cdot x(4) - 28.9 \cdot x(1) \cdot x(3)) - \\
 &\quad - ((ks \cdot C1)/T_0 \cdot 2) \cdot x(6) - ((ks \cdot C2)/(T_0 \cdot 2)) \cdot x(5) - \\
 &\quad - (1/(T_0 \cdot 2)) \cdot x(7). \\
 \frac{dx_8}{dt} &= 2.95 \cdot ((x(2) \cdot \frac{dx_4}{dt} + x(4) \cdot \frac{dx_2}{dt}) - (x(1) \cdot \frac{dx_3}{dt} + x(3) \cdot \frac{dx_1}{dt})).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Система уравнений (1) является нелинейной из-за наличия произведений $x_1 \cdot x_5$, $x_2 \cdot x_5$, $x_2 \cdot x_4$ и $x_1 \cdot x_3$, поэтому для решения задачи определения оптимального управления системой ТПН – АД систему уравнений (1) следует привести к уравнениям в приращениях координат относительно начальных значений, чтобы получить линейную систему дифференциальных уравнений.

После несложных преобразований уравнения (1) можно рассматривать как систему линейных дифференциальных уравнений замкнутой системы ТПН - АД асинхронного электропривода, которая будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1, \\
 \frac{dx_2}{dt} &= 0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2, \\
 \frac{dx_3}{dt} &= 507,4 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3, \\
 \frac{dx_4}{dt} &= 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4, \\
 \frac{dx_5}{dt} &= 145,1x_4 + 1271,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1, \\
 \frac{dx_6}{dt} &= 59000x_2 - 1000x_6,
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_7}{dt} &= 0,5\varphi + 0,74x_8 - 3172,7x_7 + 52,07x_6 - 29,02x_4 - \\
 &- 254,3x_2 + 0,16x_3 + 358,7x_1 - 0,3x_5.
 \end{aligned}$$

$$\frac{dx_8}{dt} = \varphi$$

где φ - вспомогательная переменная.

Прежде чем рассматривать задачу определения оптимального управления замкнутой системы ТПН – АД асинхронного электропривода, определим устойчивость его движения. По уравнениям (2) составляем матрицу коэффициентов А, представленная ниже.

$$A = \begin{pmatrix}
 -3,3 & -303,6 & 0 & 0,217 & 10,4 & 0 & 0 \\
 303,6 & -3,3 & 0,217 & 0 & -0,056 & 0 & 0 \\
 5187,5 & 1686,7 & -217,4 & 312,3 & 28,03 & 507,4 & 0 \\
 1686,7 & -5187,5 & -312,3 & -217,4 & -5007,95 & 0 & 0 \\
 -1793 & 1271,6 & -0,812 & 145,1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1000 & 59000 \\
 358,7 & -254,3 & 0,16 & -29,02 & -0,3 & 52,07 & -3172,7
 \end{pmatrix}$$

Программа определения устойчивости движения замкнутой системы ТПН – АД в среде MATLAB запишется:

```

A = [-3.3 -303.6 0 0.217 10.4 0 0;303.6 -3.3 0.217 0 -0.056 0 0;...
5187.5 1686.7 -217.4 312.3 28.03 507.4 0;1686.7 -5187.5 -312.3 -217.4 -
5007.95 0 0;

```

-1793.5 1271.6 -0.812 145.1 0 0 0; 0 0 0 0 0 -1000 59000;358.72 -254.32

0.16 -29.02 -0.3 52.07 -3172.7];

A=-A;

B=(eye(7)*a+A);

det(B)

ans =

(характеристическое уравнение)

$a^7 + 46141/10 * a^6 + 20113608423545530825601/6871947673600000 * a^5 + 5981955125702940814048969967/1374389534720000000 * a^4 + 103300055029424463579552444543/13421772800000000 * a^3 + 5457748226208505866188433072785714747/137438953472000000000000 * a^2 + 6509627763881961543268028797782226492889/137438953472000000000000 * a + 2069022473090624668235220023836678578287/1374389534720000000000$

(P - массив коэффициентов характеристического уравнения)

P = [1 46141/10 20113608423545530825601/6871947673600000 5981955125702940814048969967/1374389534720000000 103300055029424463579552444543/134217728000000000 5457748226208505866188433072785714747/137438953472000000000000 6509627763881961543268028797782226492889/1374389534720000000000000 2069022473090624668235220023836678578287/1374389534720000000000];

r = roots(P) (Корни характеристического уравнения)

r = 1.0e+003 *

-4.1522

-0.1634 + 0.9142i

-0.1634 - 0.9142i

-0.0013 + 0.3125i

-0.0013 - 0.3125i

-0.0760

-0.0566

Так как все корни r_i отрицательной вещественной частью, то система устойчива. При решении задачи оптимального управления это одно из необходимых условий.

Определение оптимального управляющего воздействия осуществляется методом

принципа максимума [3]. В качестве критерия оптимальности выбираем обобщенный интегральный критерий с учетом ограничения скорости управляющего устройства.

$$Y(u) = \frac{1}{2} \int_0^T \left(\sum_{i=1}^7 q_i x_i^2 + u^2 + \dot{u}^2 \right) dt, \quad (3)$$

здесь q_i – весовые коэффициенты переменных,

$\dot{u} = du/dt$ – производная от управления.

Для решения поставленной задачи с критерием оптимальности (3) введем дополнительное уравнение

$$\frac{du}{dt} = \varphi \quad (4)$$

где φ – вспомогательная переменная.

Система уравнений (2), с учетом дополнительного уравнения (4) принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} &= 0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= 507,4 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} &= 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4, \\ \frac{dx_5}{dt} &= 145,1x_4 + 1271,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1, \\ \frac{dx_6}{dt} &= 59000x_2 - 1000x_6, \\ \frac{dx_7}{dt} &= 0,05 \cdot \varphi + 0,05x_8 + 358,7x_1 - 254,3x_2 + 0,16x_3 - 29,02x_4 - 0,3x_5 + 52,07x_6 - 3172,7x_7; \\ \frac{dx_8}{dt} &= \varphi. \end{aligned} \quad (5)$$

где $x_8 = u$ – управление.

Функция H , согласно методу принципа максимума Понтрягина, будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 H = & \psi_0 \frac{1}{2} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2 + x_7^2 + x_8^2 + c\varphi^2) + \\
 & + \frac{1}{2} \psi_1 (0,217x_1 - 303,6x_2 + 10,4x_3 - 3,3x_4) + \\
 & + \psi_2 (0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2) + \\
 & + \psi_3 (507,4x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3) + \\
 & + \psi_4 (1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187x_2 - 217,4x_4) + \\
 & + \psi_5 (145,1x_4 + 1272,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1) + \\
 & + \psi_6 (59000x_7 - 1000x_6) + \\
 & + \psi_7 (0,025\varphi + 0,05x_8 + 358,7x_1 - 254,3x_2 + 0,16x_3 - 29,02x_4 - 0,3x_5 + 52,07x_6 - 358,7x_7) + \\
 & + \psi_8 \varphi.
 \end{aligned}$$

где ψ_i – координаты сопряженной системы.

На основании $\frac{d\psi_i}{dt} = -\frac{dH}{dx_i}$ и $\psi_0 = -1$, сопряженная система запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + 3,3\psi_1 - 303,6\psi_2 - 5187,5\psi_3 - 1686,7\psi_4 + 1793,5\psi_5 - 358,7\psi_7; \\
 \frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 + 303,6\psi_1 + 3,3\psi_2 - 1686,7\psi_3 + 5187,5\psi_4 - 1272,6\psi_5 + 254,3\psi_7; \\
 \frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 - 0,217\psi_2 + 217,4\psi_3 + 312,3\psi_4 + 0,812\psi_5 - 0,16\psi_7 \\
 \frac{d\psi_4}{dt} &= x_4 - 0,217\psi_1 - 312,3\psi_3 + 217,4\psi_4 - 145,1\psi_5 + 29,05\psi_7; \\
 \frac{d\psi_5}{dt} &= x_5 - 10,4\psi_1 + 0,056\psi_2 - 28,03\psi_3 + 5007,95\psi_4 + 0,3\psi_7; \\
 \frac{d\psi_6}{dt} &= x_6 - 507,4\psi_3 + 1000\psi_6 - 52,07\psi_7; \\
 \frac{d\psi_7}{dt} &= x_7 - 5900\psi_6 + 3272,7\psi_7; \\
 \frac{d\psi_8}{dt} &= x_8 - 0,74\psi_7.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Производная по φ

$$\frac{dH}{d\varphi} = -c\varphi + 0,5\psi_7 + \psi_8 = 0. \tag{7}$$

Из уравнения (7) получаем:

$$\varphi = (1/c)(0,5\psi_7 + \psi_8). \quad (8)$$

Подставляя уравнение (8) в систему уравнений (5) и объединяя полученные уравнения с уравнениями (6) получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1, \\ \frac{dx_2}{dt} &= 0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= 507,4 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} &= 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4, \\ \frac{dx_5}{dt} &= 145,1x_4 + 1272,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1, \\ \frac{dx_6}{dt} &= 59000x_2 - 1000x_6, \\ \frac{dx_7}{dt} &= (1/10) * (0,5 \cdot \psi_7 + \psi_8) + 0,74x_8 - 3172,7x_7 - 254,3x_2 + 0,16x_3 - 29,02x_4 - 0,3x_5 + \\ &+ 52,07x_6 + 358,7x_1; \\ \frac{dx_8}{dt} &= (1/10) * (0,5\psi_7 + \psi_8); \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + 3,3\psi_1 - 303,6\psi_2 - 5187,5\psi_3 - 1686,7\psi_4 + 1793,5\psi_5 - 358,7\psi_7; \\ \frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 + 303,6\psi_1 + 3,3\psi_2 - 1686,7\psi_3 + 5187,5\psi_4 - 1272,6\psi_5 + 254,3\psi_7; \\ \frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 - 0,217\psi_2 + 217,4\psi_3 + 312,3\psi_4 + 0,812\psi_5 - 0,16\psi_7; \\ \frac{d\psi_4}{dt} &= x_4 - 0,217x\psi_1 - 312,3\psi_3 + 217,4\psi_4 - 145,1\psi_5 + 29,05\psi_7; \\ \frac{d\psi_5}{dt} &= x_5 - 10,4\psi_1 + 0,056\psi_2 - 28,03\psi_3 + 5007,9\psi_4 + 0,3\psi_7; \\ \frac{d\psi_6}{dt} &= x_6 - 507,4\psi_3 + 1000\psi_6 - 52,07\psi_7; \\ \frac{d\psi_7}{dt} &= x_7 - 59000\psi_6 + 3272,7\psi_7; \\ \frac{d\psi_8}{dt} &= x_8 - 0,74\psi_7. \end{aligned} \quad (9)$$

Однако для удобства решения системы уравнений (9) на ЭВМ в среде MATLAB приведем данную систему уравнений к следующему виду с заменой переменных:

$$y_1 = x_1, y_2 = x_2, y_3 = x_3, y_4 = x_4, y_5 = x_5,$$

$$y_6 = x_6, y_7 = x_7, y_8 = x_8, y_9 = x_8, y_9 = \psi_1, y_{10} = \psi_2,$$

$$y_{11} = \psi_3, y_{12} = \psi_4, y_{13} = \psi_5, y_{14} = \psi_6, y_{15} = \psi_7, y_{16} = \psi_8.$$

$$\frac{dy_1}{dt} = 0,217y_4 - 303,6y_2 + 10,4y_5 - 3,3y_1,$$

$$\frac{dy_2}{dt} = 0,217y_3 + 303,6y_1 - 0,056y_5 - 3,3y_2,$$

$$\frac{dy_3}{dt} = 507,4y_6 + 1686,7y_2 + 28,03y_5 + 5187,5y_1 + 312,3y_4 - 217,4y_3,$$

$$\frac{dy_4}{dt} = 1686,7y_1 - 312,3y_3 - 5007,95y_5 - 5187,5y_2 - 217,4y_4,$$

$$\frac{dy_5}{dt} = 145,1y_4 + 1272,6y_2 - 0,812y_3 - 1793,5y_1,$$

$$\frac{dy_6}{dt} = 59000y_2 - 1000y_6,$$

$$\frac{dy_7}{dt} = 0,025 \cdot y_{15} + 0,05y_{16} + 0,74y_8 - 3172,7y_7 - 254,3y_2 + 0,16y_3 - 29,02y_4 - 0,3y_5 +$$

$$+ 52,07y_6 + 358,7y_1;$$

$$\frac{dy_8}{dt} = 0,05y_{15} + 0,1y_{16}; \tag{10}$$

$$\frac{dy_9}{dt} = y_1 + 3,3y_9 - 303,6y_{10} - 5187,5y_{11} - 1686,7y_{12} + 1793,5y_{13} - 358,7y_{15};$$

$$\frac{dy_{10}}{dt} = y_2 + 303,6y_9 + 3,3y_{10} - 1686,7y_{11} + 5187,5y_{12} - 1272,6y_{13} + 254,3y_{15};$$

$$\frac{dy_{11}}{dt} = y_3 - 0,217y_{10} + 217,4y_{11} + 312,3y_{12} + 0,812y_{13} - 0,16y_{15};$$

$$\frac{dy_{12}}{dt} = y_4 - 0,217xy_9 - 312,3y_{11} + 217,4y_{12} - 145,1y_{13} + 29,05y_{15};$$

$$\frac{dy_{13}}{dt} = y_5 - 10,4y_9 + 0,056y_{10} - 28,03y_{11} + 5007,9y_{12} + 0,3y_{15};$$

$$\frac{dy_{14}}{dt} = y_6 - 507,4y_{11} + 1000y_{14} - 52,07y_{15};$$

$$\frac{dy_{15}}{dt} = y_7 - 59000y_{14} + 3272,7y_{15};$$

$$\frac{dy_{16}}{dt} = y_8 - 0,74y_{15}.$$

(9)

Следует отметить, что система уравнений (10) решается с граничными условиями:

$$\begin{aligned}
 &y_1(0) = 0, y_2(0) = 0, y_3(0) = 0, y_4(0) = 0, y_5(0) = 0, \\
 &y_6(0) = 0, y_7(0) = 0, y_8(0) = 0, y_9(T) = 0, y_{10}(T) = 0, \\
 &y_{11}(T) = 0, y_{12}(T) = 0, y_{13}(T) = 0, y_{14}(T) = 0, y_{15}(T) = 0, y_{16}(T) = 0. \quad (11)
 \end{aligned}$$

Программа расчета оптимального управления асинхронным электроприводом насосной станции приведена на рисунке 1.

```

1 function boundproblem
2 - meshinit = linspace(0, 0.2, 20);
3 - yinit = [0.01 0.01 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0 0 0 0 0 0 0 0];
4 - initsol = bvpinit(meshinit, yinit);
5 - options = bvpset('RelTol', 1.0e-05, 'AbsTol', 1.0e-06);
6 - sol = bvp4c(@rside, @bound, initsol, options);
7 - plot(sol.x, sol.y(8, :)*(-1000), 'k. ');
8 - grid on
9 function f = rside(x, y)
10 - f = [0.217*y(4)-303.6*y(2)+10.4*y(5)-3.33*y(1);
11       0.217*y(3)+303.6*y(1)-0.056*y(5)-3.33*y(2);
12       507.4*y(6)+1686.72*y(2)+312.3*y(4)+28.03*y(5)+5187.5*y(1)-217.4*y(3);
13       1686.72*y(1)-312.3*y(3)-5007.9*y(5)-5187.5*y(2)-217.4*y(4);
14       1271.6*y(2)+145.1*y(4)-1793.5*y(1)-0.812*y(3); 59000*y(7)-1000*y(6);
15       0.025*y(15)+0.05*y(16)+0.74*y(8)-3172.7*y(7)+52.07*y(6)-29.02*y(4)-
16       254.3*y(2)+0.16*y(3)+358.7*y(1)-0.3*y(5); 0.05*y(15)+0.1*y(16);
17       y(1)+3.3*y(9)-303.6*y(10)-5187.5*y(11)-1686.7*y(12)+1793.5*y(13)-358.7*y(15);
18       y(2)+303.6*y(9)+3.3*y(10)-1689.7*y(11)+5187.5*y(12)-1271.6*y(13)+254.3*y(15);
19       y(3)-0.217*y(10)+217.4*y(11)+312.3*y(12)+0.812*y(13)-0.16*y(15);
20       y(4)-0.217*y(9)-312.3*y(11)+217.4*y(12)-145.1*y(13)+29.05*y(15);
21       y(5)-10.4*y(9)+0.056*y(10)-28.03*y(11)+5007.9*y(12)+0.3*y(15);
22       y(6)-507.4*y(11)+1000*y(14)-52.07*y(15); y(7)-59000*y(14)+3272.7*y(15);
23       y(8)-0.74*y(15)];
24 function g = bound(ya, yb)
25 - g = [ya(1); ya(2); ya(3); ya(4); ya(5)-1; ya(6); ya(7); ya(8);
26       yb(9); yb(10); yb(11); yb(12); yb(13); yb(14); yb(15); yb(16)];
    
```

Рисунок 1 - Программа расчета оптимального управления замкнутым асинхронным электроприводом

Программа определения оптимального управления замкнутым частотно – регулируемым электроприводом разработана и написана, на основе [4], на алгоритмическом языке MATLAB.

График оптимального управления замкнутого асинхронного электропривода показан на рисунке 2.

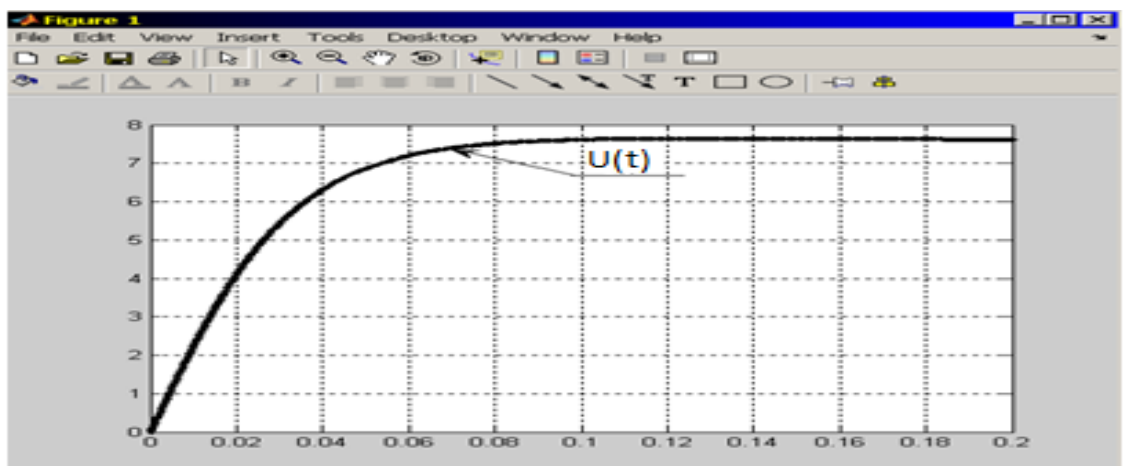


Рисунок 2 - График оптимального управления

Выводы

1. Получено математическое описание «тиристорный преобразователь напряжения» - асинхронный двигатель (ТПН - АД) и составлена структурная схема регулируемого электропривода насосной станции, по которой произведено моделирование переходных процессов при различных нагрузках на валу электродвигателя.

2. Разработана программа определения оптимального управления замкнутым частотно – регулируемым электроприводом, на алгоритмическом языке MATLAB. На основе разработанной программы получен график оптимального управления замкнутого асинхронного электропривода, который показывает устойчивость полученной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров Л.П., и др. Тиристорные преобразователь напряжения для асинхронного электропривода. М.: Энергоатомиздат, 1986. – 200 с.
2. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод. М.: «Academa» 2004. – 202с.
3. Браславский И.Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. – М.: Энергоатомиздат, 1988, 224.
4. Копылов И.П. Электрические машины: М.: Логос, 2000. – 370с.
5. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Машины переменного тока. Учебник для вузов: М.: Питер. 2007. – 350с.
6. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: изд – ва «Наука», 1971, 744 с.
7. Черних И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems, и Simulink. – М: ДМК Пресс: Питер, 2008. – 288с.
8. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7/ - СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 1104 с.: ил.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 002

ВАК 05.25.00; 05.13.17

Е.Е. Исмаил, Н.К. Утелиева

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан,

E-mail: ismaile@mail.ru, nurshatu7@mail.ru

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ И ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. Разработчик программного обеспечения после проведения функционального анализа требований к проекту должен определить категории безопасности выполняемых ПСКН функций и установить категорию его критичности (категию безопасности). В соответствии с категорией критичности ПСКН должны устанавливаться требования к характеристикам качества и безопасности, а также требования, относящиеся к верификации, валидации и уровням доказательств. Различия между ожидаемыми и полученными результатами функционирования программ могут быть следствием ошибок не только в созданных программах и данных, но и системных ошибок в первичных требованиях спецификаций, явившихся исходной базой при создании ПС. Тем самым проявляется объективная реальность, заключающаяся в невозможности абсолютной корректности исходных спецификаций сложных ПС после его разработки.

Ключевые слова: программные средства, качество программных средств, модель качества программных средств, особенности моделей качества программных средств, программные средства космического назначения

Проблема разработки современного программного обеспечения космического назначения (ПСКН) заключается в том, что в принципе не существует технологий создания программной продукции без единого дефекта. Поэтому ни одна организация-разработчик не гарантирует абсолютной надежности продукта. Людям свойственно совершать непредумышленные ошибки, результаты которых проявляются в процессе создания или применения программного средства (ПС). В общем случае под ошибкой подразумевается дефект, погрешность или неумышленное искажение объекта или процесса. При этом предполагается, что известно его правильное, эталонное состояние, по отношению, к которому может быть определено наличие отклонения - дефекта или ошибки. Для систематической, координированной борьбы с ними необходимы исследования факторов, влияющих на качество ПС со стороны различных, существующих и потенциально возможных дефектов в конкретных программах. Это позволит целенаправленно разрабатывать комплексы методов и средств обеспечения качества сложных ПС различного назначения при реально достижимом снижении уровня дефектов проектирования и разработки.

Различия между ожидаемыми и полученными результатами функционирования программ могут быть следствием ошибок не только в созданных программах и данных, но и системных ошибок в первичных требованиях спецификаций, явившихся исходной базой при создании ПС. Тем самым проявляется объективная реальность, заключающаяся в невозможности абсолютной корректности исходных спецификаций сложных ПС после его разработки. На практике в процессе разработки ПС исходные требования уточняются и детализируются по согласованию между заказчиком и разработчиком. Базой таких уточнений являются неформализованные представления и знания специалистов, а также результаты промежуточных этапов жизненного цикла. Однако установить ошибочность исходных данных и спецификаций еще труднее, чем обнаружить ошибки в созданных программах, так как принципиально отсутствуют формализованные данные, которые можно использовать как эталонные, и их заменяют неформализованные представления заказчиков и разработчиков.

Дефекты функционирования программных средств, не имеющие злоумышленных источников или последствий физических разрушений аппаратных компонентов, проявляются внешне как случайные, имеют разную природу и последствия. В частности, они могут приводить к

нарушениям функциональной работоспособности, и к отказам при использовании ПС. В жизненном цикле, на ПС воздействуют различные негативные, дестабилизирующие факторы, которые можно разделить на внутренние, присущие самим объектам уязвимости, и внешние, обусловленные средой, в которой эти объекты функционируют.

Особенности и требования к качеству программного обеспечения зависят от того, для какой цели, для какого потребителя и для каких условий внешней среды они предназначены. Один и тот же программный продукт, произведенный для различных целей и при разных условиях применения, может иметь несколько различных представлений и оценок качества. В соответствии с принципиальными особенностями ПС должны выбираться номенклатура и значения показателей качества, необходимых для его эффективного применения пользователями, которые впоследствии отражаются в технической документации и в спецификации требований на конечный продукт.

Принадлежность ПСКН к объектам космической техники определяет специфические требования, например требования к безопасности ПСКН космических аппаратов, полезных грузов и отличается от требований к безопасности ПСКН для экспериментов и моделирования.

К программному обеспечению, входящему в состав бортовых комплексов, традиционно предъявляются повышенные требования к надежности и безопасности. Помимо этого, к важным свойствам такого ПО относят высокое качество, поддающееся проверке, непротиворечивость, возможность повторного использования, быстрая интеграция с аппаратными средствами, возможность переноса на другие платформы [1].

Признак «влияние на безопасность» определяет требования к ПСКН по реализации критических функций в зависимости от принятых категорий опасности. Например, в зависимости от категории опасности предъявляются разные требования к объему, полноте, документированию отчетности и независимости процесса верификации.

Большинство ПСКН, как правило, относятся к категории «критическое ПО (Safety-Critical Software)», под которым обычно понимают программное обеспечение, выполняющее критические функции, важные для безопасности, отказ в выполнении функций которого (потеря или деградация) или его неправильная эксплуатация могут привести к катастрофическим или критическим последствиям [2].

Особенности и требования к ПСКН по реализации критических функций зависят от принятых категорий опасности. Категория критичности программного обеспечения (уровень безопасности) зависит от функций, требований к системе, в состав которой она входит.

В стандарте ECSS-Q-ST-80C [3] определены следующие категории критичности ПСКН на основе тяжести последствий отказов системы (таблица 1).

Таблица 1 – Категории критичности программного обеспечения космического назначения

Категория	Характеристика
А	Программное обеспечение, которое в случае неисполнения или неверного исполнения, или аномального поведения, может вызвать или способствовать отказу системы, приводящему к: – <i>катастрофическим последствиям</i> (гибель людей, угроза их жизни, разрушение, потеря техники);
В	Программное обеспечение, которое в случае неисполнения или неверного исполнения, или аномального поведения, может вызвать или способствовать отказу системы, приводящему к: – <i>критическим последствиям</i> (ущерб, не угрожающий жизни людей, значительное повреждение <i>техники</i> , вредное влияние на окружающую среду);

С	<p>Программное обеспечение, которое в случае неисполнения или неверного исполнения, или аномального поведения, может вызвать или способствовать отказу системы, приводящему к:</p> <p>– <i>существенным последствиям</i> (существенное снижение возможностей объекта управления или способности персонала справиться с неблагоприятными режимами);</p>
D	<p>Программное обеспечение, которое в случае неисполнения или неверного исполнения, или аномального поведения, может вызвать или способствовать отказу системы, приводящему к:</p> <p>– <i>незначительным или ничтожным последствиям</i> (незначительному уменьшению безопасности объекта управления и требует действий персонала, которые осуществимы в пределах их возможностей).</p>

К критическому программному обеспечению относятся программные средства категорий А, В или С [3].

В случае наличия в системе адекватных средств вмешательства для эффективного предотвращения последствий события, категория критичности программного обеспечения может быть снижена на один уровень.

В стандарте ГОСТ Р 51904 [4] рекомендуется классификация программного обеспечения встроенных систем в зависимости от категории отказной ситуации, которая может быть следствием ошибок, допущенных в ПО. Перечень категорий отказных ситуаций приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Категории опасности отказных ситуаций

Категории опасности отказных ситуаций	Краткая характеристика
<i>Категория А</i> – катастрофическая (гибель людей, угроза их жизни, разрушение, потеря техники, оборудования и т.п.)	Препятствует безопасному функционированию объекта управления.
<i>Категория В</i> - опасная/критическая (ущерб, не угрожающий жизни людей, значительное повреждение техники, оборудования, длительное, вредное влияние на окружающую среду и т.п)	Приводит к критическому уменьшению возможностей объекта управления или способности персонала справиться с неблагоприятными режимами.
<i>Категория С</i> - существенная	Приводит к существенному снижению возможностей объекта управления или способности персонала справиться с неблагоприятными режимами.
<i>Категория D</i> - несущественная	Приводит к незначительному уменьшению безопасности объекта и требует действий персонала, которые осуществимы в пределах их возможностей.
<i>Категория E</i> - невливающая	Не воздействует на эксплуатационные возможности

	объекта управления и не увеличивает рабочую нагрузку персонала.
--	---

Необходимый для безопасного функционирования уровень ПО определяют исходя из категорий опасности отказных ситуаций системы. Уровень ПО определяется возможностью возникновения потенциальных отказных ситуаций в результате сбоев в ПО.

В соответствии с основными категориями опасности в стандарте ГОСТ Р 51904 рекомендована классификация уровней критичности программного обеспечения, представленная в таблице 3.

Таблица 3 - Классификация уровней критичности программного обеспечения

Уровень критичности ПО	Влияние на безопасность
<i>Уровень А</i>	ПО, отказ или аномальное поведение которого может вызвать (или способствовать) возникновение нарушения функционирования системы, приводящее к катастрофической отказной ситуации для объекта управления.
<i>Уровень В</i>	ПО, отказ или аномальное поведение которого может вызвать (или способствовать) возникновение нарушения функционирования системы, приводящее к опасной/критической отказной ситуации для объекта управления.
<i>Уровень С</i>	ПО, отказ или аномальное поведение которого может вызвать (или способствовать) возникновение нарушения функционирования системы, приводящее к существенной отказной ситуации для объекта управления.
<i>Уровень D</i>	ПО, отказ или аномальное поведение которого может вызвать (или способствовать) возникновение нарушения функционирования системы, приводящее к незначительной отказной ситуации для объекта управления.
<i>Уровень E</i>	ПО, отказ или аномальное поведение которого может вызвать (или способствовать) возникновение нарушения функционирования системы, не влияющее на эксплуатационные возможности объекта и работоспособность персонала.

В зависимости от назначенного уровня критичности программного обеспечения определяется количество задач (целей), которые обязательны для выполнения или могут выполняться на усмотрения заказчика. При этом, некоторые из таких задач необходимо выполнять с обеспечением независимости, что подразумевает, что исполнитель соответствующих работ не вовлечен в процессы разработки ПО. К примерам определенных в стандарте [4] целей относятся «Разработать архитектуру ПО», «Убедиться, что алгоритмы точны и корректны», «Убедиться, что исходный код согласуется с архитектурой ПО» и т.п. Общее количество определенных целей в зависимости от уровня программного обеспечения приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Количество обязательных для достижения целей в зависимости от уровня ПО

Уровень ПО (категория отказной ситуации)	Целей, удовлетворяемых с обеспечением независимости	Целей, удовлетворяемых обязательно	Целей, удовлетворяемых на усмотрение заказчика
А: Катастрофическая	25	41	1
В: Критическая	14	51	2
С: Существенная	2	55	10
Д: Несущественная	2	28	37
Е: Невлияющая			67

Разработчик программного обеспечения после проведения функционального анализа требований к проекту должен определить категории безопасности выполняемых ПСКН функций и установить категорию его критичности (категорию безопасности). В соответствии с категорией критичности ПСКН должны устанавливаться требования к характеристикам качества и безопасности, а также требования, относящихся к верификации, валидации и уровням доказательств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тюгашев А. А., Ильин И. А., Ермаков И. Е. Пути повышения надежности и качества программного обеспечения в космической отрасли / Управление большими системами. Выпуск 39. М.: ИПУ РАН, 2012. - С.288-299.
- 2 ECSS-Q-80-03-2006 Space Product Assurance – Methods and Techniques to Support the Assessment of Software Dependability and Safety.-
(<http://www.dit.upm.es/~str/proyectos/upmsat2/documentacion/ECSS-Q-HB-80-03.pdf>).
- 3 ECSS-Q-ST-80C-2009 Space product assurance: Software product assurance.
- 4 ГОСТ Р 51904-2002 Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию [текст]. – Введ. 2003–07–01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 62 с.: ил.51904-2002

Annotation. The software developer, after carrying out a functional analysis of the requirements for the project, must determine the safety categories of the functions performed by the SSA (Software for space applications) and establish the category of its criticality (safety category). In accordance with the criticality category of the SSA, requirements for quality and safety characteristics, as well as requirements related to verification, validation and levels of evidence, must be established. Differences between the expected and received results of the functioning of programs can be the result of errors not only in the created programs and data, but also system errors in the primary requirements of the specifications that were the initial basis for the creation of the Software. Thus, an objective reality manifests itself in the impossibility of absolute correctness of the initial specifications of complex software after its development.

Keywords: Software, Software Quality, Software Quality Model, Features Software Quality Model, Software for Space Applications.

Аннотация. Бағдарламалық жасақтаманың әзірлеушісі жобаға қойылатын талаптарды функционалды талдаудан өткізгеннен кейін ғарыштық мақсаттағы бағдарламалық құралдар орындаған функциялардың қауіпсіздік санаттарын анықтап, сыни дәреженің қауіпсіздік санатын белгілеуі тиіс. Ғарыштық мақсаттағы бағдарламалық құралдардың критикалық категориясына сәйкес сапа және қауіпсіздік сипаттамаларына қойылатын талаптар, сондай-ақ тексеру, валидация және дәлелдемелер деңгейіне қатысты талаптар белгіленуі тиіс. Бағдарламалардың күтілетін және алынған нәтижелерінің арасындағы айырмашылық тек қана құрылған бағдарламаларда және деректерде ғана емес, сонымен қатар бағдарламалық құралдарды құру үшін бастапқы негіздеме болатын негізгі талаптардағы жүйелік қателердің нәтижесі болуы мүмкін. Осылайша, күрделі бағдарламалық құралдың бастапқы спецификациясының оның дамуынан кейін абсолютті дұрыстығының мүмкін еместігінің объективті шындығы көрінеді.

Кілтті сөздер: бағдарламалық құралдар, бағдарламалық құралдар сапасының моделі, бағдарламалық құралдар сапасының модельдерінің ерекшеліктері, ғарыштық мақсаттағы бағдарламалық құралдар.

МРНТИ 20.53.23

А.К. Искакова¹, О. Бекмурат²

¹Университет международного бизнеса, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. Аль Фараби. Алматы, Казахстан

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА APACHE SPARK

Аннотация. В современном информационном обществе в области высоких технологий довольно остро стоит проблема обработки больших данных, которая, в свою очередь, порождает проблемы, связанные с обеспечением точности, устойчивости и вычислительной эффективности процессов обработки этих данных. В статье предлагается рассмотреть архитектуру распределенной системы и обсуждаются технические неисправности: рекомендация веб-сервера на запросы для получения результатов; веб-сервер, компонент управления и контекст Spark запускаются в одном JVM для обеспечения быстрой связи.

Ключевые слова: Apache Spark, распределенные алгоритмы, анализ потоковых данных, масштабируемое машинное обучение, графовые базы данных, спонтанные запросы.

В современном мире данные окружают нас со всех сторон. Мы загружаем на серверы видео, делаем, закладываем фотографии с помощью мобильных телефонов, посылаем текстовые сообщения друзьям, изменяем их статус в системе Facebook, Twitter, LinkedIn, оставляем комментарии на разных сайтах, а также щелкаем по рекламным баннерам и т.д.

В настоящее время в сфере информационных технологий основная проблема обработки больших данных относится к числу наиболее актуальных проблем в области высоких технологий, и она также порождает наиболее трудные проблемы алгоритмического характера, связанные с обеспечением точности, устойчивости и вычислительной эффективности процессов их обработки. Эти проблемы обусловлены тем, что большинство традиционных методов интеллектуального анализа данных напрямую не могут быть применены для анализа больших данных либо вследствие вычислительной неустойчивости, либо вследствие вычислительной сложности. Не менее трудные проблемы обусловлены гетерогенным характером больших данных как BigData: они могут содержать атрибуты разных типов и неструктурированные данные, например, тексты на естественном языке.

Apache Spark – это система распределенной обработки данных с открытым исходным кодом, которая широко применяется для работы с большими данными. Apache Spark использует кэширование в памяти и оптимизирует исполнение запросов для обеспечения высокого быстродействия. Система поддерживает универсальную пакетную обработку, анализ потоковых данных, машинное обучение, графовые базы данных и спонтанные запросы.

Apache Spark – это современные технологии распределенной обработки больших массивов данных, быстро становятся важным подспорьем для широкого круга программистов. На сегодняшний день каждый программист для эффективной работы должен обладать знаниями о реляционных базах данных, о вычислительных сетях, а также в области информационной безопасности, хотя еще пару десятков лет назад все это считалось факультативными навыками [4].

Главными преимуществами Spark являются производительность, удобный программный интерфейс с неявной параллелизацией и отказоустойчивостью. Spark поддерживает четыре языка высокого уровня: Scala, Java, Python и R.

На рисунке 1 представлена система интеграции веб-сервера и Spark.

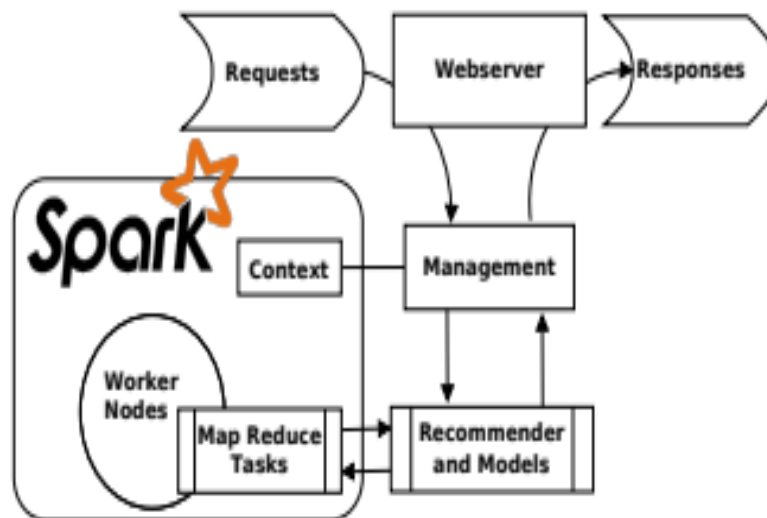


Рисунок 1 - Интеграция веб-сервера и Spark.

Фреймворк состоит из пяти компонентов: ядра и четырех библиотек, каждая из которых решает определенную задачу (рисунок 2).

[https://netology.ru/ckfinder/userfiles/images/2\(21\).png](https://netology.ru/ckfinder/userfiles/images/2(21).png)

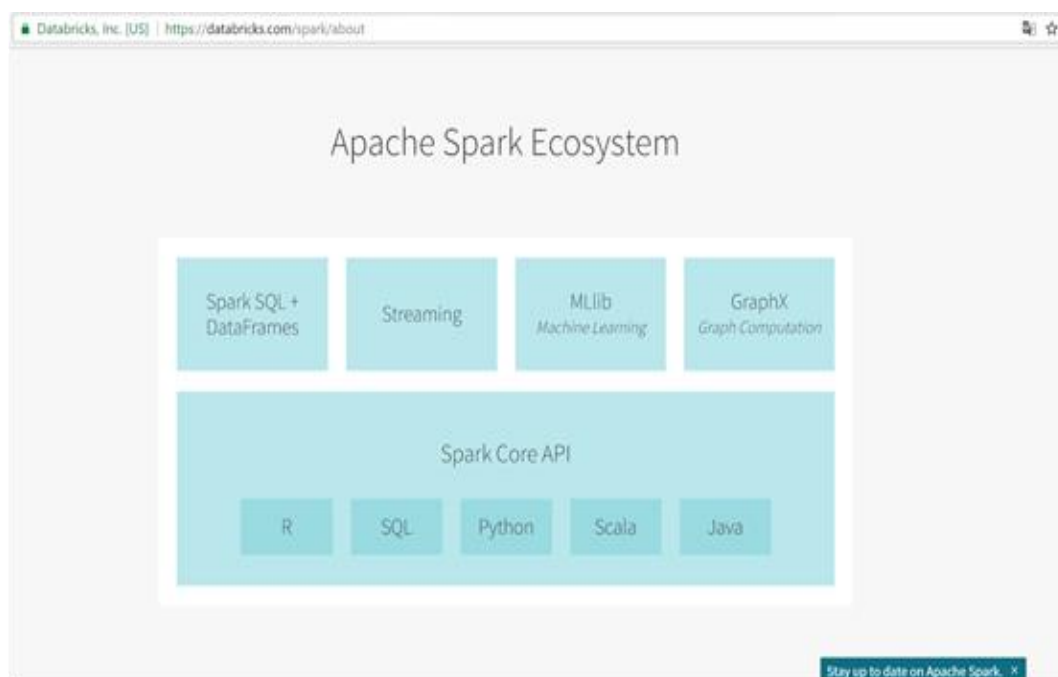


Рисунок 2 - Фреймворки и библиотеки распределенной рекомендательной системы на Apache Spark

Распределенная рекомендательная система Apache Spark предназначена для поддержки встроенной памяти (очень большой) обработки данных. Apache Spark поддерживает простые операции «map» и «reduce», SQL-запросы, потоковые данные и

сложные аналитики, такие как алгоритмы графа и машинное обучение (MLlib). Apache Spark может быть интегрирован в верхнюю часть Hadoop HDFS, используя преимущества распределенных больших файлов через узлы данных. В отличие от Map Reduce, Spark предназначен для расширенной аналитики в режиме реального времени и имеет структуру и инструменты, использующие Spark Streaming, для доставки, когда критическое время для пропускной способности является критическим.

Инструмент способен выполнять задания пакетной обработки в 10-100 раз быстрее, чем движок Map Reduce в соответствии с Cloudera, в основном за счет сокращения количества операций записи и чтения на диск.

MLlib - это масштабируемая компьютерная обучающая библиотека Spark, состоящая из общих алгоритмов обучения и утилит, включая классификацию, регрессию, кластеризацию и совместную фильтрацию. Это более поздний алгоритм, используемый для систем рекомендаций в Spark; о котором поговорим немного позже.

Программы Apache Spark могут быть разработаны на самых популярных языках программирования высокого уровня на рынке, таких как Java, Scala, SQL и Python. Из версии 1.4 Apache Spark поддерживает R-скрипты [1].

Разрабатываемый рекомендательный механизм будет являться клиент-серверным приложением, реализованным на сокетном соединении по протоколу TCP/IP.

Серверная часть состоит из следующих модулей: модуль обработки входных данных, модуль построения и тренировки модели и модуль генерации рекомендаций. Клиентская часть приложения будет запрашивать рекомендации у серверной по номеру пользователя и, получив ответ, выводить их на экран.

На данный момент наибольшей популярностью в сфере распределенного анализа данных пользуется Фреймворк Hadoop, но существуют и альтернативы, предлагающие некоторые важные преимущества по сравнению с типичной Hadoop-платформой. Spark - это масштабируемая платформа анализа данных, которая включает в себя примитивы для вычислений в оперативной памяти и, следовательно, обладает некоторыми преимуществами в части производительности по отношению к подходу Hadoop, основанному на кластерной схеме хранения данных. Spark реализован на Scala и поддерживает этот язык, который обеспечивает уникальную среду для обработки данных.

Apache Spark представляет собой кластерную вычислительную платформу с открытым исходным кодом, аналогичную Hadoop, но с некоторыми полезными особенностями, которые делают ее превосходным инструментом для решения задач машинного обучения. А именно, помимо интерактивных запросов Spark поддерживает распределенные наборы данных в оперативной памяти, оптимизируя решение итеративных задач и уменьшая время доступа к данным.

Apache Spark, реализован на языке Scala и использует его в качестве среды разработки приложений. В отличие от Hadoop, Spark и Scala образуют тесную интеграцию, при которой Scala может легко манипулировать распределенными наборами данных как локальными коллективными объектами [2].

Основываясь на выше перечисленных преимуществах, для построения рекомендательной системы используем фреймворк Apache Spark и язык Scala.

Основным понятием в Spark является RDD (Resilient Distributed Dataset - устойчивый распределенный набор данных. RDD отказоустойчивая неизменяемая распределенная коллекция объектов, которую можно обрабатывать параллельно. RDD может содержать объекты любого типа.

Такой набор данных создается двумя путями:

1) через загрузку внешних наборов данных с помощью функции `.parallelize(data)`

```
localData = [5,7,1,12,10,25]
```

```
testRDD = sc.parallelize(localData)
```

2) из поддерживаемых хранилищ (например, hdfs (Hadoop distributed file system)) с помощью функции `.textFile(path)`

```
startRDD = sc.textFile("path to data set")
```

Здесь нужно упомянуть одну отличительную черту хранения данных в Spark - одну из самых полезных функций `cache`. Именно благодаря ей Spark стал таким в данное время особенно популярным, позволяющий закешировать данные в оперативной памяти с учетом доступности последней. Это позволяет также производить итеративные вычисления в оперативной памяти, тем самым избавившись от IO-overhead'a. Это особенно важно в контексте машинного обучения и вычислений на графах, т.к. большинство алгоритмов являются итеративными, начиная от градиентных методов, заканчивая такими алгоритмами, как PageRank.

Целью настоящего исследования является также определение величины параметра Rank для получения рекомендаций оптимального качества. За меру качества рекомендаций берется величина RMSE (Root Mean Squared Error) - корень из средней квадратичной ошибки. Сравнив RMSE для разных значений Rank и найдя наименьший, можно получить самые качественно настроенные рекомендации. Данный показатель вычисляется следующим образом.

Файлы с данными загружают в RDD системы Apache Spark. Каждый из двух загружаемых файлов представляет собой набор колонок, разделенных запятыми. Набор данных состоит из 10 329 записей в файле `movies.csv` (`movieId`, `title`, `genres`) и 105 339 записей в файле `ratings.csv` (`userId`, `movieId`, `rating`) Так как структура файлов достаточно понятна и проста, может использоваться метод `split`, являющийся родным методом для языка Python с целью парсинга этих файлов. Для дальнейшей работы DataSet разбивается на три отдельные части: тренировочную, валидационную и тестовую. Деление производится в формате 60%-20%-20%. Большая доля разбиения, как правило, приходится на тренировочную часть для того, чтобы увеличить точность алгоритма. После выделения отдельных частей (трех новых RDD), модель должна быть тренирована и выбран предпочтительный параметр Rank для построения рекомендаций. Это будет определяться по значению ошибки: Rank с минимальным значением этого показателя будет считаться предпочтительнее. Результаты проведенных вычислений, показаны в таблице 1.

Таблица 1. Результаты показателя RMSE для различных Rank

Rank	RMSE
1	0,8984
2	0,9006
3	0,9159
4	0,9144
5	0,9150
6	0,9211
7	0,9255
8	0,9254
9	0,9276
10	0,9260

Выводы по результатам моделирования. Исследования показывают, что показатель ошибки RMSE растет при увеличении количества факторов в модели (показатель Rank), причем наибольшие пики роста наблюдаются при рассмотрении 3 и 6 факторов соответственно.

Над RDD можно осуществлять операции таких типов, как Трансформации и Действия, как показано на рисунке 3.

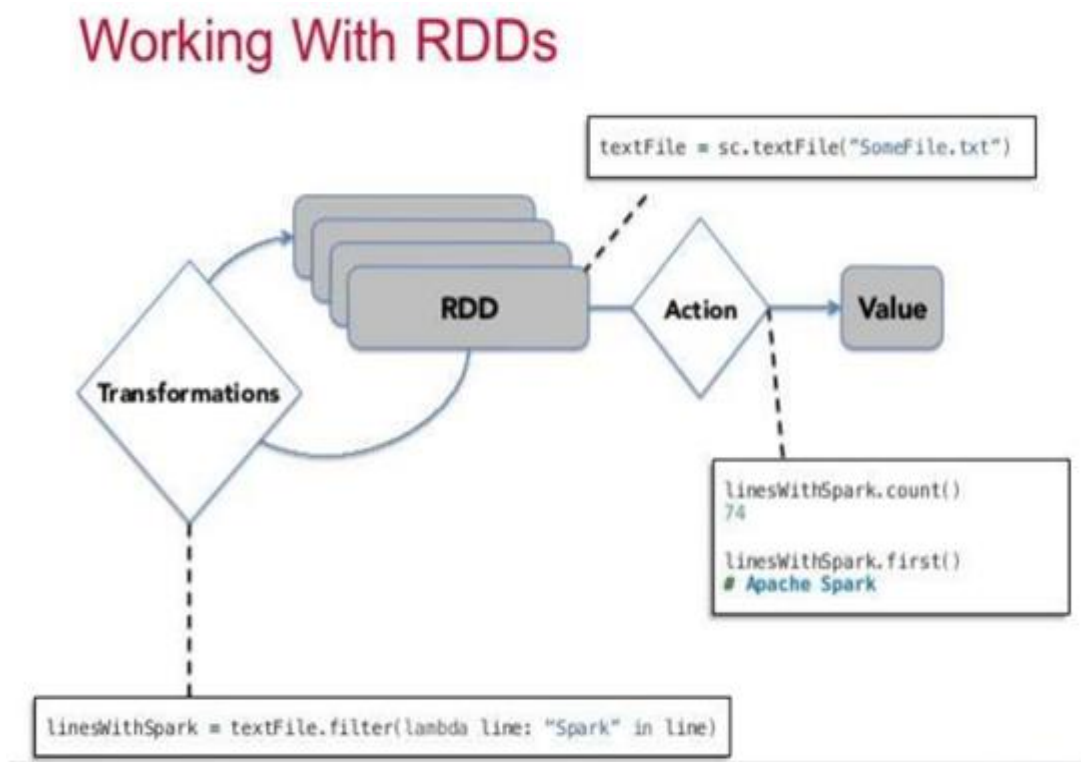


Рисунок 3 - Схема работы с RDD

В представленном ниже небольшом программном коде показан минимальный набор компонентов, необходимых для обучения сети Spark.

Шаг 1: Показан результат о различных подходах к загрузке данных через Dataset.

```
JavaSparkContext sc = ...;
JavaRDD<DataSet> trainingData = ...;
MultiLayerConfiguration networkConfig = ...;
```

// Создаем экземпляр TrainingMaster

```
int examplesPerDataSetObject = 1;
TrainingMaster trainingMaster = new
ParameterAveragingTrainingMaster.Builder(examplesPerDataSetObject)
    .(other configuration options)
    .build();
```

// Создаем экземпляр SparkDl4jMultiLayer

```
SparkDl4jMultiLayer sparkNetwork = new SparkDl4jMultiLayer(sc, networkConfig,
trainingMaster);
```

// Установите сеть, используя данные обучения:

```
sparkNetwork.fit(trainingData);
```

Шаг 2: Настройка TrainingMaster

TrainingMaster в DL4J - это абстракция (интерфейс), которая позволяет использовать несколько различных учебных реализаций с SparkDl4jMultiLayer и SparkComputGraph.

В настоящее время DL4J имеет одну реализацию - ParameterAveragingTrainingMaster. Это реализует процесс усреднения параметра, показанный выше. Чтобы создать его, используется шаблон строителя:

```
TrainingMaster tm = new ParameterAveragingTrainingMaster.Builder(int
dataSetObjectSize)
... (your configuration here)
.build();
```

Parameter Averaging Training Master определяет ряд параметров конфигурации, которые определяют, как выполняется данное машинное обучение.

Целью данной работы является использование возможностей Apache Spark для обработки итеративных алгоритмов, т.к. интерактивные алгоритмы машинного обучения быстрее, чем традиционные MapReduce модели.

Метод исследования реализован с использованием Apache Spark. Коды записываются с помощью программы Java [5].

Альтернативы фреймворков

Насущная необходимость развития потребностей к сбору, анализу и обработке больших данных является причиной появления новых фреймворков. Некоторые большие корпорации разрабатывают собственный продукт с учетом внутренних задач и потребностей. Например, так появился Beam от Google и Kinesis от Amazon. Если говорить о фреймворках, популярных среди широкого круга пользователей, то кроме уже упомянутого Hadoop можно назвать Apache Flink, Apache Storm и Apache Samza [1].

Мы сравнили четыре фреймворка под лицензией Apache по ключевым показателям: [https://netology.ru/ckfinder/userfiles/images/4\(18\).png](https://netology.ru/ckfinder/userfiles/images/4(18).png)

Каждый фреймворк имеет свои слабые и сильные стороны. Пока ни один из них не является универсальным и не может заменить остальные. Поэтому при работе с большими данными компании выбирают тот фреймворк, который лучше всего подходит для решения конкретной задачи. Некоторые компании одновременно используют несколько фреймворков, например, TripAdvisor и Groupon и т.д.

Выводы:

Apache Spark - самый популярный и быстроразвивающийся фреймворк для работы с Big Data. Хорошие технические параметры и четыре дополнительные библиотеки позволяют использовать Spark для решения широкого круга задач.

Преимуществом использования фреймворка является многочисленность Spark-комьюнити и большое количество информации о нем в открытом доступе.

Одним из недостатков использования Apache Spark является задержка обработки данных больше, чем у фреймворков с потоковой моделью.

Были также проведены исследования и анализ проблем архитектуры обработки данных в больших кластерах:

- изучение архитектуры Apache Spar;
- изучение архитектуры MapReduce;
- изучение архитектуры Apache Hadoop.

Spark является одним из интересных и перспективных пополнений в растущем семействе платформ анализа больших объемов данных. Это эффективная и удобная, благодаря простым и четким сценариям на языке Scala, платформа для обработки распределенных наборов данных. Как Spark, так и Scala находятся в стадии активной разработки. Однако освоение того и другого ключевыми интернет-ресурсами переводит

их из разряда интересных проектов ПО с открытым исходным кодом в разряд основных Web-технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чак Лэм Надоор в действии. Практическое руководство/ М.: ДМК Пресс,2012.-424с.: ил.
- [2] Johns T. Spark, Альтернатива для быстрого анализа данных. [Электронный документ] (<https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-spark/>)
- [3] Крот А. Введение в Apache Spark [Электронный документ] (<https://habrahabr.ru/company/mlclass/blog/250811/>)
- [4] 3. Apache Spark – Lightning-fast cluster computing [Электронный ресурс] / The Apache Software Foundation – Режим доступа: <http://spark.apache.org>.
- [5] Deep Learning on Apache Spark [Электронный ресурс] / The Apache Software Foundation – Режим доступа <https://deeplearning4j.org/spark>

REFERENCES

- [1] Чак Лэм. Hadoop in action. A practical guide/ М.: DMK Press,2012.-424с. (in russian)..
- [2] Johns T. Spark, Alternative for rapid analysis of data. [Electronic resource] (<https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-spark/>). (in russian).
- [3] Крот А. Introduction to Apache Spark [Electronic resource] (<https://habrahabr.ru/company/mlclass/blog/250811/>) (in russian).
- [4] 3. Apache Spark – Lightning-fast cluster computing [Electronic resource]/ The Apache Software Foundation: <http://spark.apache.org>..
- [5] Deep Learning on Apache Spark [Electronic resource]/ The Apache Software Foundation – Режим доступа <https://deeplearning4j.org/spark>.

A DISTRIBUTED RECOMMENDER SYSTEM ON APACHE SPARK

А.К.Искакова¹, О.Бекмурат²

¹University of international business, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. In today's information society in the field of high technologies rather acute problem of handling large data, which, in turn, gave rise to problems related to the accuracy, robustness and computational efficiency the processing of these data. In the article it is proposed to consider the architecture of distributed system and discusses the technical malfunction: recommendation Web server requests to pay the referrer to obtain results; Web server management component and the context of the Spark will run in the same JVM to ensure rapid communication.

Keywords: Apache Spark, thread recommendation, distributed algorithms, real-time recommendations, scalable machine learning, etc.

APACHE SPARK ҮЛЕСТІРУШІ ҰСЫНЫМДЫҚ ЖҮЙЕСІ

А. К. Искакова¹, О. Бекмурат²

¹Халықаралық бизнес университеті, Алматы, Қазақстан

²Әл Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Қазіргі ақпараттық қоғамдағы жоғары технологиялар саласында өте маңызды мәселелердің бірі – ол үлкен көлемдегі мәліметтерді өңдеу, одан туындайтын проблемалар ақпараттарды өңдеу барысында олардың дәлдігін, тұрақтылығын және есептеу үдерістерінің тиімділігін қамтамасыз ету. Мақалада үлестіруші жүйесінің архитектурасы қарастырылып, техникалық ақаулар талқыланады: веб-серверден сұрау нәтижелер алу үшін ұсыным; web-сервер, басқару компоненті және Spark контекстісі тез байланыста болуы үшін бір JVM арқылы іске қосылуы туралы сөз етіледі.

Кілттік сөздер: Apache Spark, үлестірілген алгоритмдер, ағымды деректерді талдау, деректерді қарқынды машиналық оқыту, графолық деректер базалары, спонтанды сұрау.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА APACHE SPARK

А. К. Искакова¹, О. Бекмурат²

¹Университет международного бизнеса, Алматы, Қазақстан

²Қазақский национальный университет им. Аль Фараби. Алматы, Қазақстан

Аннотация. В современном информационном обществе в области высоких технологий довольно остро стоит проблема обработки больших данных, которая, в свою очередь, порождает проблемы, связанные с обеспечением точности, устойчивости и вычислительной эффективности процессов обработки этих данных. В статье предлагается к рассмотрению архитектура распределенной системы и обсуждаются технические неисправности: рекомендация веб-сервера на запросы для получения результатов; web-сервер, компонент управления и контекст Spark запускаются в одном JVM для обеспечения быстрой связи.

Ключевые слова: Apache Spark, распределенные алгоритмы, анализ потоковых данных, масштабируемое машинное обучение, графовые базы данных, спонтанные запросы.

МРНТИ 59.01.85

А. Нусибалиева¹, А. Сулган¹, Г. Балбаев¹

¹Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Казахстан

РОБОТОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРГЕ ЕНГІЗУ ҮШІН АДАПТИВТІ СҮЗГІ НЕГІЗІНДЕГІ ЖАСАНДЫ КӨРІНІСТІ ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Адаптивтік сүзгі – бұл нақты уақыт бойыншы итеративті режимде екі сигнал арасындағы өзара байланысты модельдейтін бағалау құрылғысы. Адаптивтік сүзгілер функциялаудың белгілі шарттарына бейімделуге, сигналдарды өңдеуге және есептеуге мүмкіндік береді. Жүйелерді модельдеу - адаптивтік сүзгінің орындайтын ең маңызды функциясы болып табылады.

Робототехникада нейронды желілерді қолдану аймағындағы зерттеулер, жекелей алғанда қимыл-қозғалыстың үйлесіміне жауапты және сонымен қатар дене тепе-теңдігі мен бұлшықеттің тонусын реттеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін бас ми-мишық бөлігін білу. Мишық – бұл адаптивтік бақылау мен реттік қимылмен тығыз байланысты мидың бөлігі. Оның маңыздылығы сол, адам миындағы барлық нейрондардың 80% құрайтын фактімен ерекшеленетінінде.

Кілттік сөздер: мишық, адаптивтік сүзгі, вестибулярлы-окулярлық рефлекс (VOR).

Мишық алгоритмін түсіну сенсорлық мотор бақылауына қатысатын биологиялық есептеуді түсінуге әкелетін негізгі қадам болып табылады.

Мишық микросұлбасының адаптивтік сүзгісінің моделі вестибулярлы- окулярлық рефлекс (VOR) сияқты биологиялық моторлық басқару мәселелерін шешу үшін қолданылады.

Бұл адаптивтік сүзгі минималды орташа квадратты қателер (ОКҚ) әдісі мен эталонды моделді адаптивтік жүйе (ЭМАЖ) негізінде құрылған.

Жүйелерді адаптивтік басқарудың осы моделдерінің негізінде роботталған жүйелерді интеграциялаудың VOR-ды қондыруда үшөлшемді тұрақтандыру үшін екі альтернативті архитектурасы қалыптастырылған.

Адаптивтік сүзгі моделі мишықтық аналитикалық функцияларын түсіндіреді. Осы тұжырымдаманы жүзеге асыру үшін эталонды модельді минималды орташа квадратты қателі адаптивтік сүзгі қолданылады.

VOR базалық жүйесінің моделінің сипаттамалары келесі түрде таңдалды [1]:

P –Лаплас түрлендіруі ретінде (1) теңдеуде келтірілген көзді айналдыру жылдамдығы $x(t)$ мен қозғалтқыш бұйрығы $u(t)$ арасындағы беріліс функциясымен $P(s)$ бірінші ретті көзқозғалтқышты қондырғының динамикалық моделі:

$$P(s) = \frac{ks}{s+1/T_p}, \quad (1)$$

Мұндағы $T_p = 0.2s$ - уақыт тұрақтысы;

$k = 1$ - күшейту коэффициенті.

B – бірінші реттік интегралдық протектор сияқты модельдейтін ми діңгегінің моделі және ол тұрақты токты күшейтудің таза коэффициенті. Ми діңгегі моделінің $B(s)$ беріліс функциясы Лаплас түрлендіруі ретінде 2 теңдеуде көрсетілген:

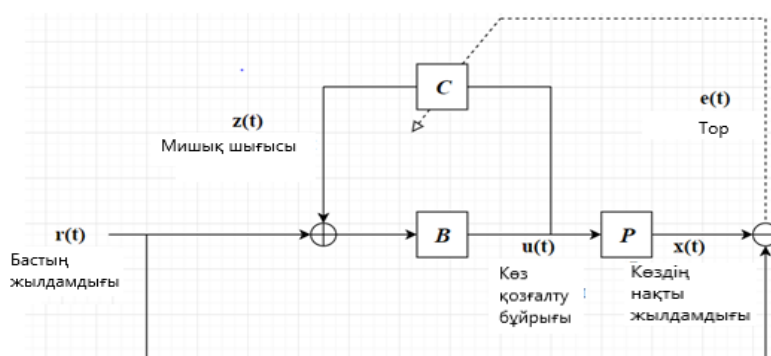
$$B(s) = G_d + \frac{G_i}{s+1/T_i}, \quad (2)$$

мұндағы $G_d=1$ тура арнаның күшейту коэффициенті, $G_i=1/T_i=5$ – жанама жолдың күшейту коэффициенті, $T_i=0,5s$ – уақыт тұрақтысы.

Әрі қарай модельдеу G_d , G_i , T_i , T_p параметрлерінің әртүрлі нұсқаларында орындалды. Бұл этапта нақты мәндер алу маңызды емес екенін атап өтуге болады, бірақ та уақыт тұрақтысы 100 мс диапазонында болуы керек.

Мидың діңгегі бүкіл сүзгінің салмағына қарай жауаптарды реттей отырып, мишық арқылы жақсартылған бақылауды қамтамасыз етеді. Белгіленген ұстамды қарымталау әрекеті $T_i = \infty, 1$, $G_i=1$, ал $G_i=1/T_p$ болғанда мидың діңгегі арқылы жүзеге асырады.

C – мишық; $r(t)$ – бастың жылдамдығы (көздің қалаған жылдамдығы); $u(t)$ – қозғалыс бұйрығы; $e(t)$ – сенсорлық қате (сетчатка); $z(t)$ – басқарушы кірістің мишықтық өңделуі; $x(t)$ – көздің нақты жылдамдығы.



1 сурет - Вестибулярлы-окулярлық рефлексің негізгі моделі (VOR)

1 суретте сызықты горизонталды VOR моделін көрсететін архитектура келтірілген. Бұл жағдайда, мишық тіректі сигналға $r(t)$ кіріс және шығыс сигналдары қосылған қозғалтқыш бұйрығының $u(t)$ көшірмесін алып отырады. VOR-дың негізгі тапсырмасы көз жылдамдығымен байланысқан бас жылдамдығына, қозғалтқыш бұйрығына және көзқозғалтқыш қондырғысына қатысты вестибулярлы сигналды өңдеу болып табылады.

3 теңдеуде келтірілгендей, $u(t)$ қозғалтқыш бұйрығы шығыс болып табылады, ал кірісінде вестибулярлы жүйе $r(t)$ мен мишық шығысы $z(t)$ қосылған:

$$z(t) = \sum_{i=0}^L w_i p(t - i \cdot \Delta T), \quad (3)$$

мұндағы, $u(t)$ кірісі -C мишығының адаптивтік сүзгісі, ол ΔT өзара кідірісі бар, L -санына бөлінген $p_1(t), \dots, p_n(t)$ құраушыларынан тұрады. $\Delta T=0,02s$ (бар болғаны 2 с)

$w_i - p_i$ құраушының салмағы[2].

Мишық $z(t)$ шығысы бар FIR (соңғы импульстік жауап) адаптивтік сүзгі секілді жүзеге асырылады.

Салмақты реттеу ережелері:

а) адаптивтік сүзгі кіріс құрамдас бөліктер мен сигналдарды оқу кезіндегі олардың арасындағы корреляцияға сәйкес өзінің салмағын өзгертеді, соның ішінде:

- оң корреляцияда, салмақ азаяды;
- теріс корреляцияда, салмақ көбейеді.

б) құрамдас бөліктер мен сигналдарды оқу арасында ешқандай корреляция болмаған кезде оқу тоқтатылады.

Қабылданатын көру ығысуын азайту үшін кірістегі адаптивтік сүзгі салмағын өзгерту керек. $e(t)$ қатесі адаптивтік сүзгі өнімінің тура нәтижесі болып табылады (4 теңдеу):

$$e(t) = (P - B^{-1} + C) \cdot x(t). \quad (4)$$

$$C = B^{-1} - P.$$

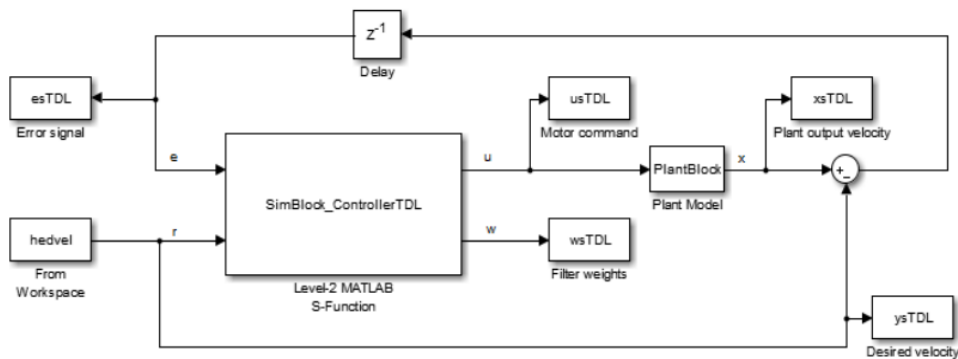
болғанда, 4 теңдеуден көріп тұрғанымыздай, қате нөлге дейін азаяды.

Оқытудың бұл топологиясы сенсорлық қатені бұйрық қатесіне аударуды керек етпейді. Осы себептен, бақыланатын көру ығысуы адаптивтік сүзгі үшін сәйкесінше оқыту сигналын құрады. Салмақты реттеу ережесі 5 теңдеуде келтірілген:

$$\delta w_i = -\beta \langle p_j(t) \cdot \hat{u}(t) \rangle, \quad (5)$$

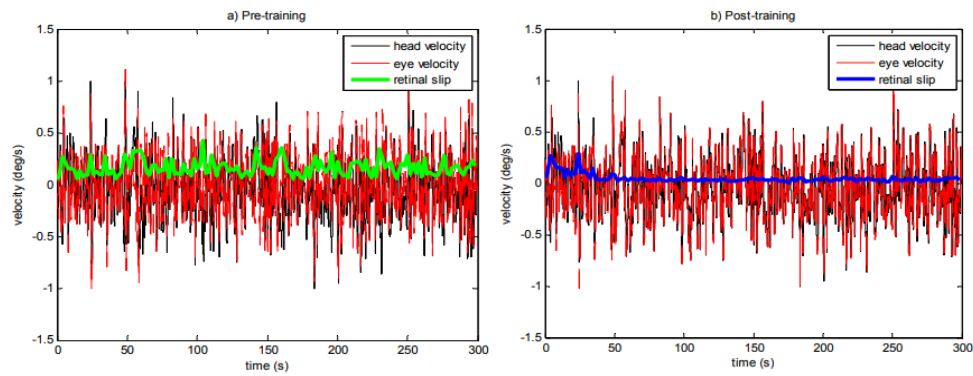
мұндағы δw_i - j -ші салмақтың w_j өзгеруі; β -оқыту коэффициентінің тұрақтысы. Бұл параметрдің мәні тұрақсыздықта тез оқыту үшін бұғатталынады; $\hat{u}(t)$ - t уақыт мезетіндегі торлардың сырғанау мәні; $p_j(t)$ - t уақыт мезетіндегі j – ші сүзгінің мәні [3].

Жүйенің модельді архитектурасы Matlab және Simulink қолдану арқылы бағдарламаланды. 2 суретте блок – сұлба келтірілген. Matlab кодтары Simulink іске қосу үшін қолданылады [4]. Төменде келтірілген эксперименттер, алгоритмнің тиімділігіне көз жеткізу үшін бірінші реттік қарапайым қондғыда келтірілген.



2 сурет - Simulink–тегі блок - сұлба

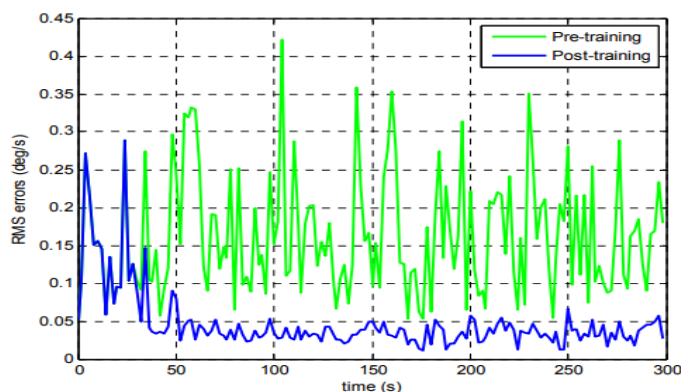
Ақ шудың кіріс сигналының шектелген диапазонындағы жүйенің өнімділігі, нақты айтқанда бастың жылдамдығы мидың дінгегінің В бақылауы әсерінен пайда болатын төменгі жиілікпен тордың секіруіне әкеліп соғады (3 сурет).



3 сурет – Оқуға дейінгі және оқудан кейінгі қате

Осы графикке сәйкес оның эксцентрлік (ерекше) көзқарасты қолдай алмайтынын білуге болады. Ми діңгегі мен қондырғының уақытша жүрісі көздің күйінің бастапқы мәніне тез қайтып оралуына тікелей әсер етеді.

Жүйеге кіріс ақ шу сияқты модельденген және шектелген жолақты бас жылдамдығының сигналы болып саналады. Оқыту 30 секундтан кейін басталады. Оқыту жылдамдығының өнімділікке әсерін бақылау үшін әрбір ретте бір сигналдар жиынтығын r кірісі секілді қолданады. Алдыңғы және соңғы жаттығы эксперименттердегі торлардың таюлары арасындағы айырмашылық адаптивтік құрам қателікті азайтатынын туралы түсінік береді. (4 сурет) [5].

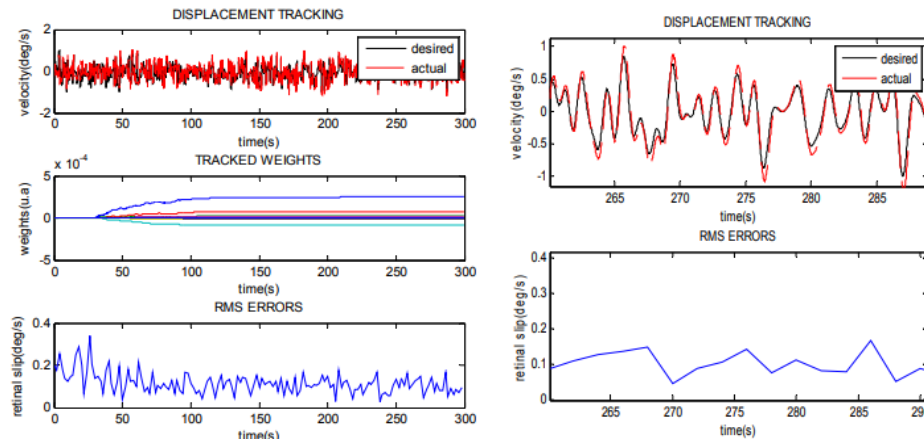


4 сурет – Жаттығуға дейінгі және жаттығудан кейінгі торлардың ығысуы (оқыту 30 секундтан кейін басталды)

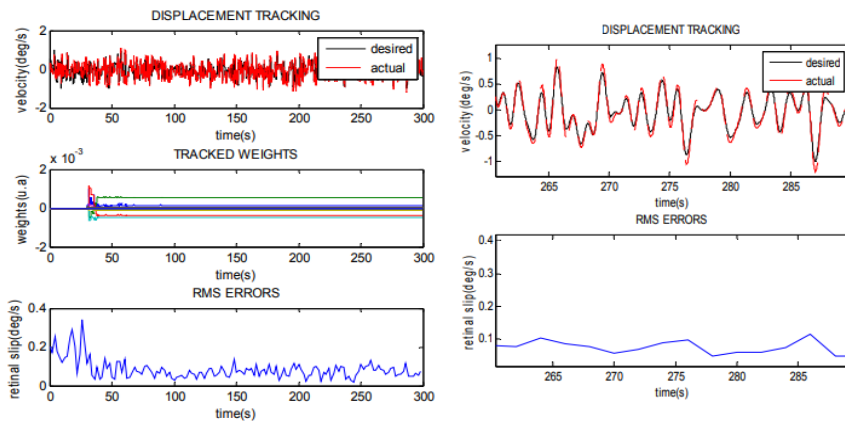
Оқыту келесі мәселелерді шешу үшін баяу жүруі қажет:

- а) қондырғының ауытқуы;
- б) кідіру;
- в) қондырғының динамикасының өзгеруі.

Келесі эксперимент дәл сол жүйе үшін әртүрлі мәнді жылдамдықпен оқытуға арналады (5а, 5b суреттер).

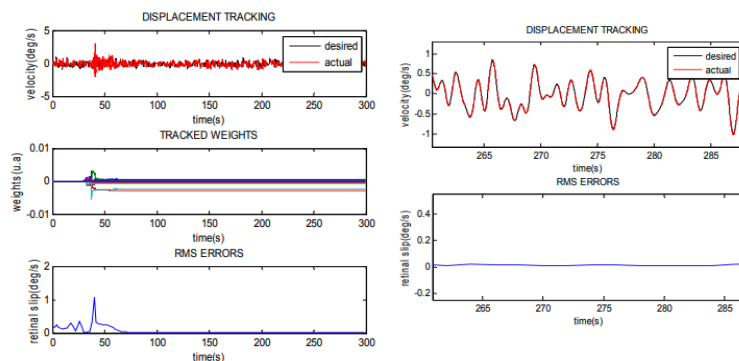


5a сурет - Оқыту жылдамдығы $\beta=0,001$ кезіндегі жүйенің өнімділігі

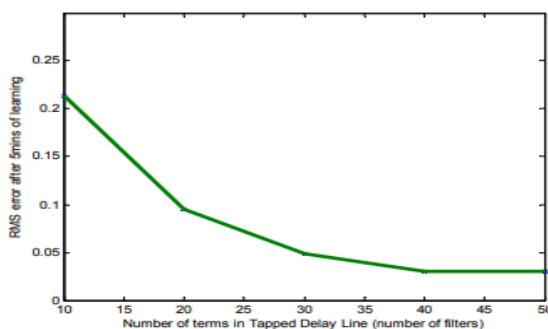


5b сурет – Оқыту жылдамдығы $\beta=0.01$ кезіндегі жүйенің өнімділігі

Ол $\beta=0,001$ де басталды және әр ретте жоғарылап отырды, эксперименттердің нәтижелері төменде көрсетілген. Сол жақтағы графиктер (6, 7, 8, 9 суреттер) барлық эксперименттердегі өнімділікті көрсетеді, ал оң жақта сол графиктер қысқаша түрде айқындылық үшін көрсетілген.



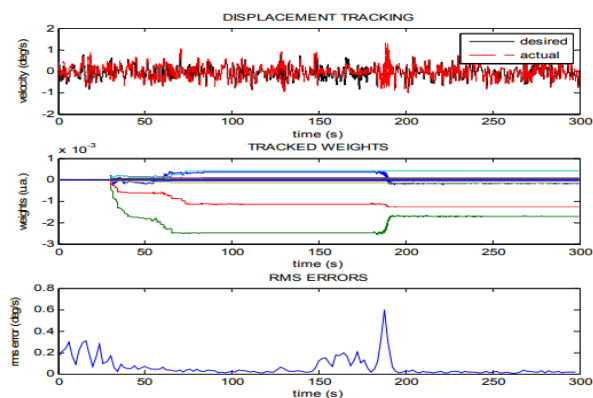
7 сурет - Оқыту жылдамдығы $b=1$ кезіндегі жүйенің өнімділігі



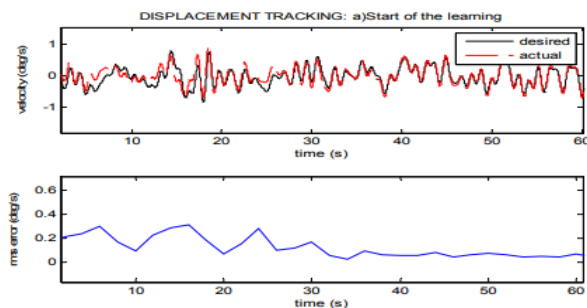
10 сурет- Әртүрлі нөмірлі сүзгілер үшін соңғы 10 секундтағы орташа квадраттық қате

10 суретте әртүрлі сүзгілер үшін көздің соңғы 10 секундтағы нақты және қажет етілген жылдамдықтар арасындағы ОКҚ көрсетілген. Графикте көрсетілгендей сүзгі саны артқан сайын ОКҚ азаяды; егер сүзгілер саны жетерлік болса, онда қате нөлге жақын болады.

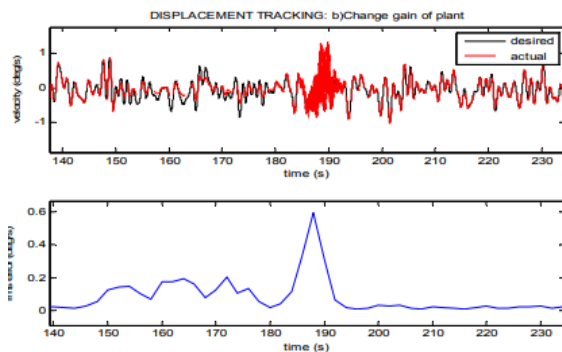
Бұл экспериментте күшейту коэффициентінің өзгеруі арқылы 150 секундтан кейін қондырғының параметрлерінің өзгерісінің бейімделуі оқытылады. Жүйенің өнімділігі 11 суретте көрсетілген.



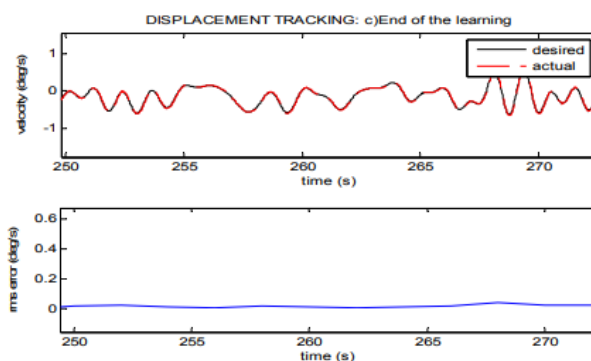
11 сурет – Динамикалық қондырылған жүйенің өнімділігі



12 сурет – Оқытудың басталуы



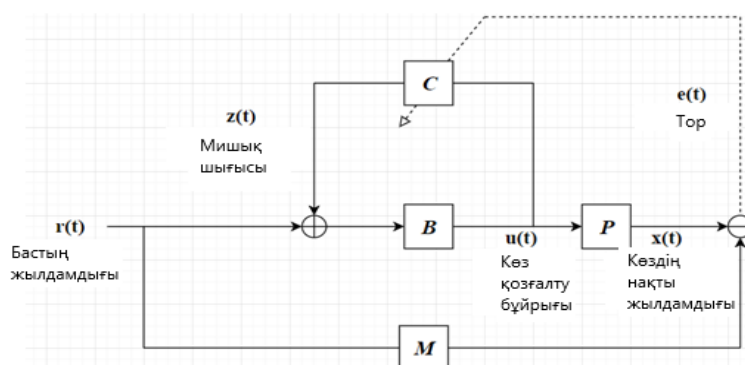
13 сурет – ОКҚ 150 с өзгерісі



14 сурет – Оқытудың аяқталуы

Басқарудың нақты бір есебінің диапазонын кеңейту және кез-келген ретті қондырғыға қатарына сәйкес келу үшін жалпы қолданылатын шешімді қамтамасыз етуде алгоритм кеңейтілуі керек. Бұл мәселені шешу үшін эталонды модельдің адаптивтік басқаруының (ЭМАБ) тұжырымдамасы қолданылады.

15 суретте ЭМАБ тұжырымдамасы қолданылған горизонтальды VOR архитектурасы келтірілген, мұндағы М- эталонды модель.



15 сурет - Эталонды модельді адаптивтік жүйенің (ЭМАЖ) сұлбасы

ЭМАЖ рөлі зауыттық және эталонды моделдердің динамикасын өзгертетін, тұйықталған қондырғының енгізу/шығару қасиеттерін суреттейтін кері байланыспен басқару ережесін анықтау [7].

Р көзқозғалтқыш ұстамын бақылау үшін мишық алгоритмін кеңейту керек (6 теңдеу):

$$P = \frac{\prod_{i=1}^m s+b_i}{\prod_{j=1}^m s+a_j}, \quad (6)$$

мұндағы $n \geq m$.

Егер $n \geq m$ болса, онда кері компенсатор шығысын іске асыруды қиындататын және шулы жоғары жиілікті өнімділік пен оқыту ережесінің тұрақсыздығына әкеліп соғатын $K=P^{-1}$ функциясына ие болады. Қажетті контроллер жақсы жұмыс жасағанына көз жеткізу үшін VOR бастапқы есептегіш моделі М эталонды модел көмегімен кеңейтіледі. М эталонды модель басқарылатын модель күйін анықтайды. М диапазонының моделі үзіліссіз уақытта анықталады (7 теңдеу):

$$M(s) = \frac{1}{(\tau s+1)^{n-m}}, \quad (7)$$

мұндағы $\tau=0.1s$ – уақыт тұрақтысы,

$n-m$ – плюстер саны мен нөлдер арасындағы айырмашылық болып табылатын эталонды моделдің реті. Осы базалық модельмен $K=P^{-1}M$ контроллерін анықтау талап етіледі(8 теңдеу):

$$K = \frac{\prod_{j=1}^n s+a_j}{\prod_{i=1}^m (s+b_i)(\tau s+1)^{n-m}}. \quad (8)$$

Берілген моделдің жұмыс істеу принципіне сүйене отырып көп сатылы адаптивтік қозғалтқыштың тапсырмалары үшін VOR қондырғысының үшөлшемді тұрақтануын басқарудың екі альтернативті архитектуралары қалыптасады.

16 суретте VOR қондырғысының үшөлшемді тұрақтануы үшін екі альтернативті моделдер көрсетілген, мұндағы:

X_{hor} – горизонталды бұрыштық жылдамдық;

X_{ver} – айналмалы бұрыштық жылдамдық;

X_{tor} – вертикалды бұрыштық жылдамдық.

3 суретке сәйкес бастапқы VOR-мен сәйкестікті көруге болады.

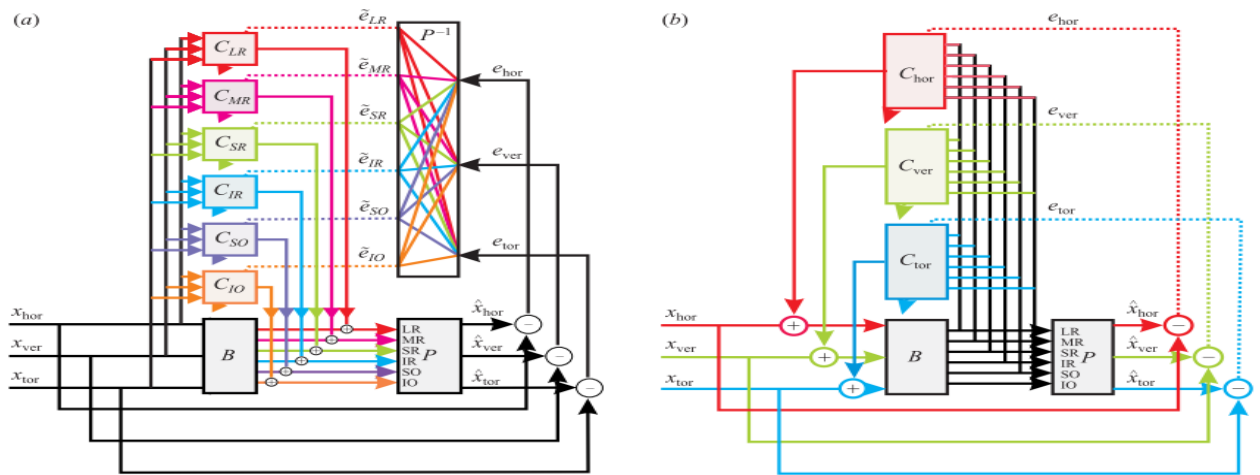
Негізінен, VOR архитектурасы (3DOF) үшөлшемді қондырғымен толықтырылады.

Кіріс айнымалылар ретінде бұрыштық жылдамдықтардың үш құраушысы қолданылады X_{hor} , X_{ver} , X_{tor} (горизонтальды, айналмалы, вертикалды).

Сигналдар алты көзқозғалтқыш бұшықеттер үшін В ми діндегі және С мишық арқылы кеңістікте көздің айналу күйін тұрақтандыру үшін қозғалтқыш бұйрықтарын жүзеге асырады.

16(a) суретте қатемен кері байланыс архитектурасы келтірілген, ол жерде мишық үш вестибулярлы кіріс сигналын қабылдайды және алты қозғалтқыш бұйрықтарын жібереді. Түстер «қозғалыс кеңістігіне» көңіл аудару үшін қолданылады.

16(b) суретте рекурентті архитектура келтірілген, ол жерде мишық, кіріс ретінде қозғалтқыштан алты бұйрықты қабылдайды және үш вестибулярлы сигналға түзетулерді жібереді. Бқл жағдайда түстер «тапсырмалар кеңістігіне» фокусировка жасау үшін қолданылады.



16 сурет – VOR қондырғысының үшөлшемді тұрақтандыру архитектурасы
а) кері байланыс, б) рекурренттік

ҚОРЫТЫНДЫ

Оқытудан кейін ОКҚ қатесін талдау қанағаттанарлық өнімділік көрсетті. Одан кейін әртүрлі жылдамдықта оқытылатын жүйенің өнімділігі орындалды. Одан жоғары жылдамдықта оқыту ОКҚ-да аз қателік болатынын көруге болады. Бірақта оқытудың жоғарғы деңгейі ($\beta \gg 1$) тұрақсыздық тудырып, қадағалауды жоғалтады. Динамикалық моделдегі қадағалау адаптивті контроллер тіпті қондырғы моделінде өзгеріс болып жатқан кезде қадағалауға қабілетті екенін көрсетеді. Бұл зерттеу роботталған бақылау үшін потенциалды ортақ шешім беретін эталонды модельмен толықтырылатын мишықтың адаптивті бақылауы.

Сүзгінің адаптивті моделі биологиялық сенімділік болып табылады, себебі, мишық қабықшасы үшін аналогты негізгі құрылымы бар және оның жұмыс істеу принципі мишықтың негізгі функциясына сәйкес келеді. Декорреляцияны басқару концепциясы мишық қозғалтқышын басқарудың мүмкін механизмі болып табылады.

Басқарудың қондырылған архитектурасында көпсатылы жүрістерді қолданып, мысалы, басқару теориясы, нейроғылым, электроника, мехатроника, робототехника, бағдарламамен қамтамасыз ету және қондырылған есептеулер, роботталған жүйелерді адаптивті басқару үшін мишықты адаптивті басқару алгоритмін бейімдеуге мүмкіндік болады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Экклс, Джон К. «мозжечок как машина нейронов». (1967).
- [2] Ито, Масао. «Мозговой мозг как нейронная машина». Прогресс в нейробиологии 78.3 (2006): 272-303.
- [3] Lenz, a et al., 2008. Контроллер стабилизации зрительного глаза, вдохновленный вестибуло-окулярным рефлексом. Биоиндикация и биомиметика.
- [4] Lenz, A. et al., 2009. Адаптивное управление мозжечком с помощью мозжечка с помощью пневматических искусственных мышц. IEEE по системам, человеку и

кибернетике. Часть В, Кибернетика: публикация IEEE Systems, Man and and Cybernetics Society, 39 (6), стр.1420-33

[5] Madisetti, E.V.K., Williams, D.B. & Douglas, S.C., 1999. Douglas, S.C. «Введение в адаптивные фильтры».

[6] Porrill, J., Dean, P. & Stone, J. V, 2004. Рекуррентная мозжечковая архитектура решает проблему с ошибкой. Труды. Биологические науки / Королевское общество, 271 (1541), стр.789-96

[7] Sejnowski, T.J., 1977. Хранение ковариации с нелинейно взаимодействующими нейронами. Math.Biol. 4,, стр.303-321.

REFERENCES

[1] Eccles, John C. "The cerebellum as a neuronal machine." (1967).

[2] Ito, Masao. "Cerebellar circuitry as a neuronal machine." Progress in neurobiology78.3 (2006): 272-303.

[3] Lenz, a et al., 2008. An adaptive gaze stabilization controller inspired by the vestibulo-ocular reflex. Bioinspiration& biomimetics.

[4] Lenz, A. et al., 2009. Cerebellar-inspired adaptive control of a robot eye actuated by pneumatic artificial muscles. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. Part B, Cybernetics : a publication of the IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, 39(6), стр.1420–33.

[5] Madisetti, E.V.K., Williams, D.B. & Douglas, S.C., 1999. Douglas, S.C. "Introduction to Adaptive Filters."

[6] Porrill, J., Dean, P. & Stone, J. V, 2004. Recurrent cerebellar architecture solves the motor-error problem. Proceedings. Biological sciences / The Royal Society, 271(1541), стр.789–96.

[7] Sejnowski, T.J., 1977. Storing covariance with nonlinearly interacting neurons. Math.Biol. 4,,стр.303–321.

STUDY OF ARTIFICIAL VISION ON THE BASIS OF THE ADAPTIVE FILTER FOR IMPLEMENTATION IN ROBOTIC SYSTEMS

A. Nussibaliyeva¹, A. Sultan¹, G. Balbayev¹

¹Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
Almaty, Kazakhstan

Annotation. An adaptive filter is a device of evaluation that simulates the relationship between two signals in the iterative mode in real time. Adaptive filters allow you to read and process the signal, adapt to existing operating conditions. The most important function performed by the adaptive filter is the simulation of the system.

A study on the application of neural networks in robotics, and in particular the study of the cerebellum-cerebellum, which is responsible for the coordination of movements, also for the ability to balance the body and regulate muscle tone. The cerebellum is a region of the brain strongly associated with adaptive control and skilful motion. Its importance is emphasized by the fact that it contains up to 80% of all neurons in the human brain.

Keywords: Cerebellum, Vestibulo-Ocular Reflex model, Adaptive filter model.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ЗРЕНИЯ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

А. Нусибалиева¹, А. Султан¹, Г. Балбаев¹

¹Алматинский университет энергетики и связи,
Алматы, Казахстан

Аннотация. Адаптивный фильтр - это устройство оценки, которое моделирует взаимосвязь между двумя сигналами в итеративном режиме в реальном времени. Адаптивные фильтры позволяют считывать и обрабатывать сигнал, приспосабливаться или адаптироваться к существующим условиям функционирования. Важнейшей функцией выполняемой адаптивным фильтром, является моделирование системы.

Исследование в области применения нейронных сетей в робототехнике, а в частности изучение отдела головного мозга-мозжечка, который отвечает за координацию движений, также за возможность обеспечивать равновесие тела и регуляцию мышечного тонуса. Мозжечок - это область мозга, сильно связанная с адаптивным контролем и искусным движением. Его важность подчеркивается тем фактом, что он содержит до 80% всех нейронов в человеческом мозге.

Ключевые слова: мозжечок, адаптивный фильтр, вестибуло-окулярный рефлекс (VOR).

В.Ф. Грищенко, К. Аскарулы, С. Толендиулы, А.С. Баден

ДТОО "Институт ионосферы", г. Алматы, Казахстан

ИНТЕНСИВНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СБОЕВ БОРТОВОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ПО ТРАЕКТОРИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены результаты расчетных данных по интенсивности распределения сбоев бортовой электронной аппаратуры по траекторий космических аппаратов МКС и КА типа "DEMETER".

Выполнена оценка интенсивности отказов ячеек модулей памяти для низкоорбитальных КА. Разработан алгоритм и выполнен расчет интенсивности отказов ячеек модулей памяти для траектории МКС и других низкоорбитальных КА. Выполнена оценка корреляции максимальных значений потоков частиц и плотности магнитных силовых линий геомагнитного поля. Показано, что максимальные значения потоков частиц находятся в области малых и средних широт.

Ключевые слова: МКС, КА, сбой, отказы.

I. Введение

Надежность бортовой электронной аппаратуры определяется не только надежностью ее компонентов, но и стабильностью работы программного обеспечения (ПО). Очень часто происходят сбои и отказы именно в модулях памяти электронных систем, связанных с инверсией логического состояния ячеек. Следует отметить, что сбои и отказы отличаются между собой. Сбои типа (SEU – single event upset), как правило, восстанавливаются через некоторое время, а отказы приводят к необратимым последствиям в состоянии бортовой аппаратуры. Отказы ЗУ, которые мы называем катастрофическими, приводят к полному выходу ячейки из строя и характеристики поврежденных ячеек модулей памяти вообще не восстанавливаются [1].

II. Методы расчета

Для определения интенсивности сбоев использовали следующую формулу:

$$v(t) = \frac{1}{4\pi} \iiint \sigma_{mzi}(L, \theta) \cdot F(L, t) \cdot dL \cdot d(\cos \theta) \cdot d\varphi + \int \sigma_p(E) \cdot F_p(E, t) \cdot dE. \quad (1)$$

Энергия частиц, оказывающих воздействие на КА была найдена по следующей формуле:

$$E = -M_{0i} + \sqrt{M_{0i}^2 + \left(\frac{Z_i}{A_i} R\right)^2}. \quad (2)$$

Значения энергии частиц получены для каждой из точек траектории полета КА (МКС), т.е. значение энергии частиц, напрямую связано с изменением положения КА в космическом пространстве [2-3].

III. Графики

Используя значения потоков протонов с энергией ($E=30$ МэВ), были получены значения интенсивности отказов по траектории МКС и DEMETER.

Значения интенсивности сбоев, вертикальной геомагнитной жесткости и потоков протонов для МКС представлены на рисунке 1. Следует отметить что максимальные "пиковые" значения интенсивности сбоев значительно зависят от витка орбиты. Двойные "пики" выявляются на витках с 5 по 12, что связано с наличием сильного градиента МПЗ.

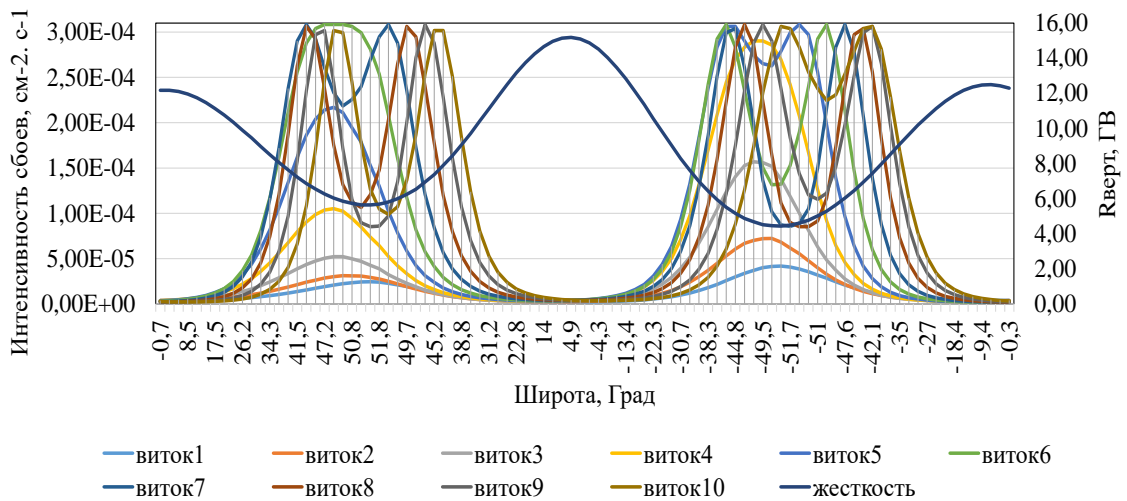


Рисунок 1 – Значения интенсивности сбоев и вертикальной геомагнитной жесткости для МКС для 1-10 виткам

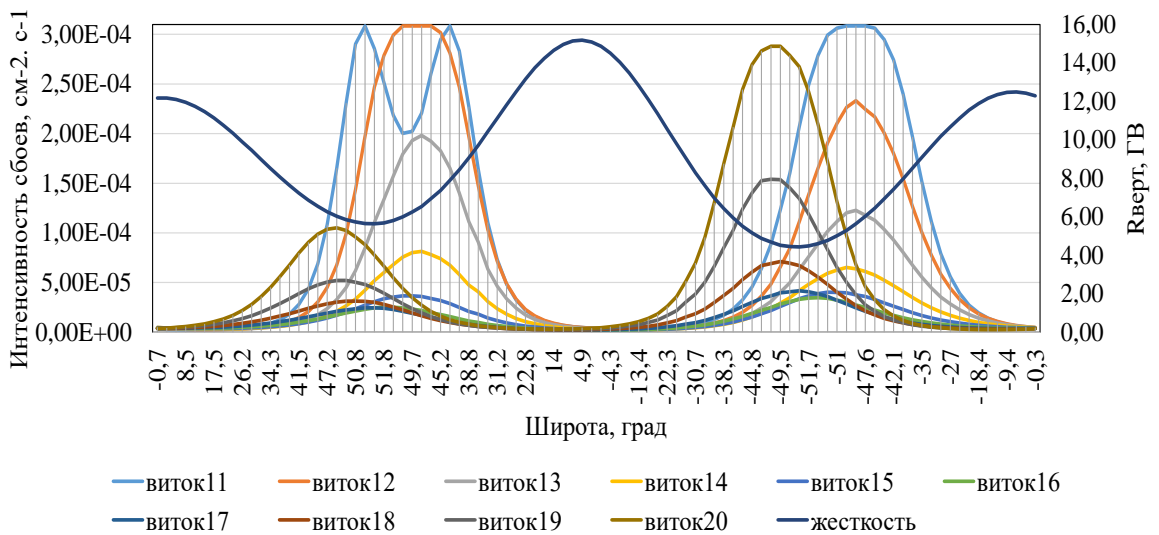


Рисунок 2 – Значения интенсивности сбоев и вертикальной геомагнитной жесткости для МКС для 11-20 витков

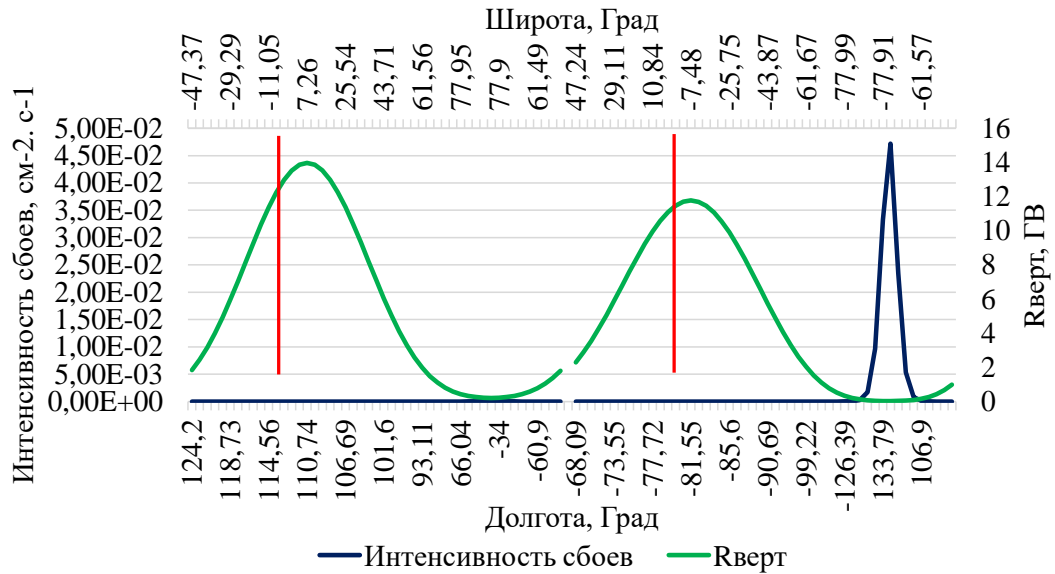


Рисунок 3 – Интенсивность сбоев по траектории DEMETER

IV. Анализ и обсуждение

Анализ полученных данных показал (рисунок 1-3), что по траектории низкоорбитальных КА имеет неоднородное распределение интенсивности.

Установлено, что имеются значительные изменения характера распределения интенсивности отказов по различным орбитами виткам. Так интенсивность отказов на 10-м витке отличается от 20-го витка для траектории МКС не только повышенной интенсивностью в 10^3 , но и расположением «пиковых» значений. Отмечено, что основные «пиковые» значения приходятся на районы сильного градиента плотности магнитных силовых линий.

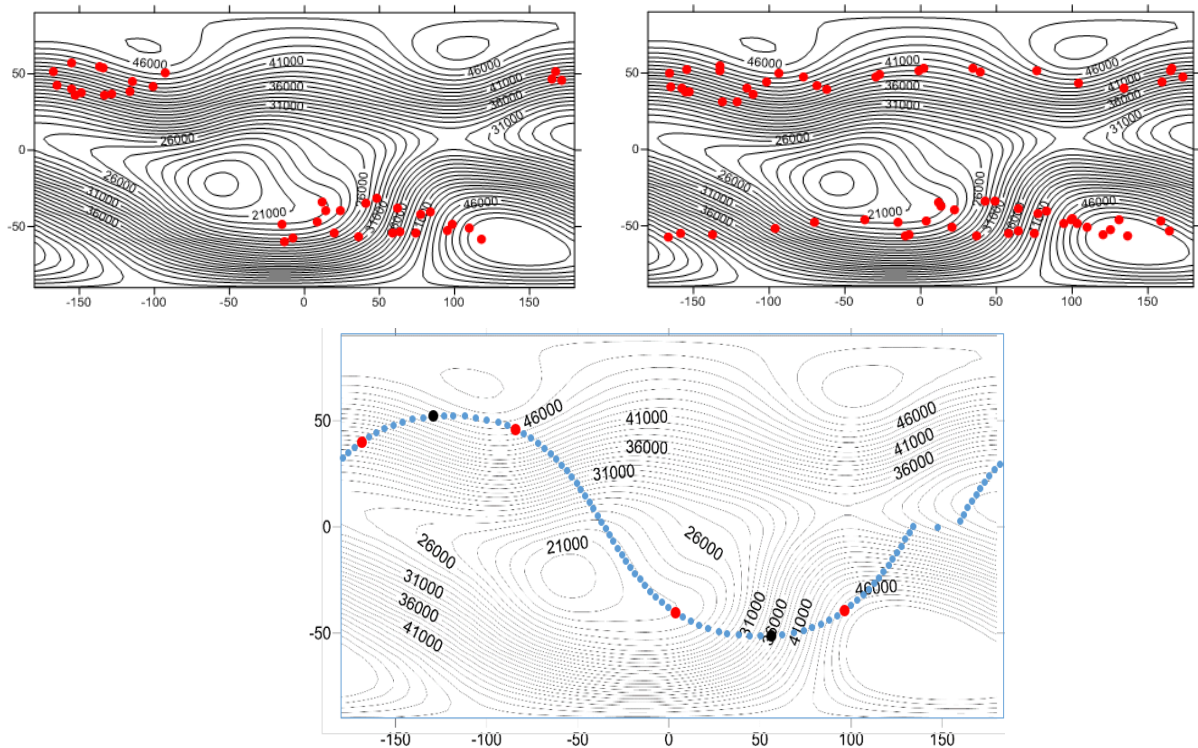


Рисунок 10 – Общий график пиков сбоев

На рисунках представлено распределение «пиковых» значений интенсивности сбоев и $T_{\text{общ}}$ МПЗ при прохождении протонов с энергией 30 МэВ по траектории МКС в геомагнитном поле.

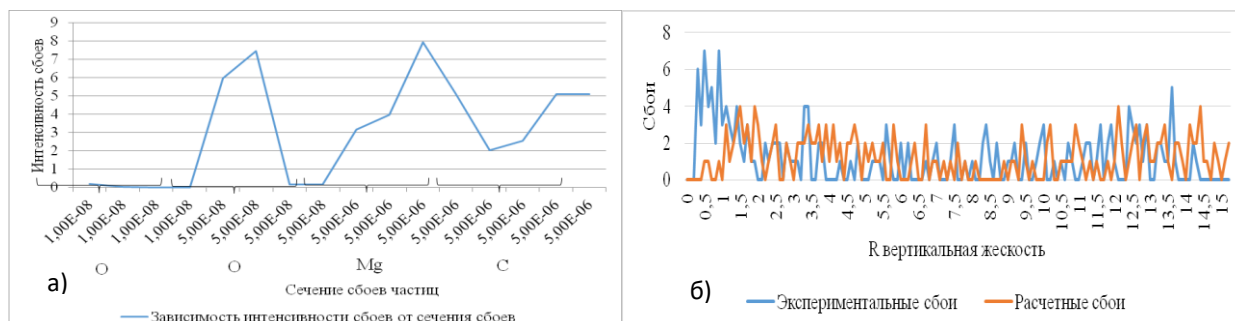


Рис. 1. а) Зависимость интенсивности сбоев от сечения сбоев б) интенсивность сбоев и вертикальная геомагнитная жесткость

Анализ результатов распределения «пиковых» значений в распределении интенсивности отказов показал, что «пиковые» значения хорошо коррелируют с градиентом плотности магнитных силовых линий. Причем, интенсивность «пиковых» значений зависит от направления витка – восходящий или нисходящий. Полученные данные по интенсивности отказов модулей памяти могут быть использованы при оптимизации выбора орбит, когда необходимо знание и учет радиационной обстановки на орбите.

Обнаружено, что интенсивность сбоев сохраняет свое значение даже для значительно отличающихся сечений для различных ядер.

Анализ полученных данных показал, что имеется определенная зависимость интенсивности сбоев от вертикальной геомагнитной жесткости. Значительное расхождение расчетных значений в области малых жесткостей (0-1 ГВ) показывает, что наличие даже небольших изменений значений жесткости может привести к увеличению интенсивности отказов ячеек модулей памяти на низкоорбитальных КА. Это значит, что локальные магнитные неоднородности, возникающие по траектории КА, могут быть причиной сбоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Edmonds L.D., Barnes C.E., Scheik L.Z. An introduction to space radiation effects on microelectronics // NASA: JPL publication 00-06, 2000. - 83 p. (Анг)
2. ГОСТ 25645.150-90. Галактические космические лучи. Модель изменения потоков частиц. Издательство стандартов, Москва, 1991. (Рус)
3. ГОСТ Р 25645.165-2001. Лучи космические солнечные. Вероятностная модель потоков протонов, Издательство стандартов, 2001. (Рус)

РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

ГРНТИ 49.33.29

С.К. Оразалиева, М.З. Якубова

Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Казахстан

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ- ZIGBEE НА ОСНОВЕ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ OPNET MODELER 14.5

Аннотация. Работа посвящена анализу и исследованию технологии устройств сенсорной сети в системе ZigBee. Проведены исследования таких параметров как скорость передачи информации, занятость операционной системы, маршрутизация в различной конфигурации сети. Разработана имитационная модель на основе использования пакета прикладных программ **OPNET Modeler 14.5**.

Данные исследования доказывают эффективность энергопотребления ZigBee-устройств.

Отметим, что беспроводная сенсорная сеть необходима в первую очередь в таких областях, где вообще невозможна прокладка кабелей по техническим, экономическим или организационным причинам. Технология беспроводных сетей малого радиуса действия, функционирует длительное время автономно, без подзарядки или замены батарей. При развертывании коммуникационной сети с применением технологии ZigBee возникают возможности создания распределенной сети самоорганизующейся системы сбора, обработки и передачи информации

Ключевые слова: сенсорные сети, координатор, маршрутизатор, оконечное устройство, сеть ZigBee, имитационное моделирование.

1 Введение

Беспроводные сенсорные сети являются активно развивающимися системами автоматизации и управления, мониторинга и контроля. Взаимодействуя с управляющими устройствами, датчики создают распределенную, самоорганизующуюся систему сбора, обработки и передачи информации.

Понятие «самоорганизующаяся сеть» [1] определяется как система, в которой устройства «умеют» сами находить друг друга и формировать сеть, а случае выхода из строя какого-либо из узлов могут устанавливать новые маршруты для передачи сообщений.

Технология сенсорных сетей не требует для построения сети дорогостоящих кабелей вместе со вспомогательным оборудованием (кабельными каналами, клеммами, шкафами и т.д.). А так как сенсорная сеть поддерживает основные интерфейсы и протоколы, которые применяются в настоящее время, есть возможность интегрировать ее в существующую сеть без проведения масштабной реконструкции. Миниатюрные и потому не требующие больших энергозатрат датчики (срок эксплуатации может достигать несколько лет) обеспечивают возможность их размещения в труднодоступных местах и на больших территориях.

Беспроводные решения незаменимы, когда необходимо связать в сеть постоянно движущиеся или часто перемещаемые узлы.

Однако же недостатком беспроводных решений оказывается их меньшая надежность, как в смысле гарантированной доставки данных за ограниченное время, так и в смысле защиты передаваемой информации от несанкционированного доступа.

2 Описание

Применение беспроводной технологии ZigBee для сбора информации о происходящем на объекте имеет ряд преимуществ в сравнении с аналогичными проводными сетями. Например, отсутствие кабелей, уменьшение времени, требующегося на установку функциональных узлов, относительная простота пуска в эксплуатацию. Таким образом, стандарт ZigBee ориентирован, главным образом, на использование в качестве средства связи между автономными приборами и оборудованием управления [2]. Отсюда следуют и предъявляемые к технологии требования, которые могут быть реализованы:

- поддержка сетей с несколькими сотнями функционирующих устройств (до 255 подключенных устройств);
- обеспечение в реальных домашних условиях среднего радиуса действия сетей порядка 30 метров;
- простота инсталляции и применения.

Сеть ZigBee включает три типа логических устройств: координатор ZigBee, маршрутизатор ZigBee и оконечное устройство ZigBee.

Координатор ZigBee (ZigBee Coordinator, **ZC**) является координатором PAN. Функции, выполняемые ZC, зависят от топологии сети.

Маршрутизатор ZigBee (ZigBee Router) – полнофункциональное устройство стандарта IEEE 802.15.4, которое не является координатором ZigBee, однако может быть координатором стандарта 802.15.4 и маршрутизатором сообщений между устройствами ZigBee и устройством **присоединяющим** новые устройства к сети.

Оконечное устройство (ZigBee End Device, **ZED**) – любое устройство стандарта IEEE 802.15.4 (RFD и FFD), не являющееся ни координатором ZigBee, ни маршрутизатором ZigBee. На рисунке 1 приведена типичная топология беспроводных сетей стандарта ZigBee.

Наиболее эффективным средством для оценки показателей качества инфокоммуникационных систем является имитационное моделирование. Для этой цели в настоящее время разработано большое количество сетевых симуляторов. На рисунке 1 приведем типичные топологии беспроводных сетей стандарта ZigBee для моделирования.

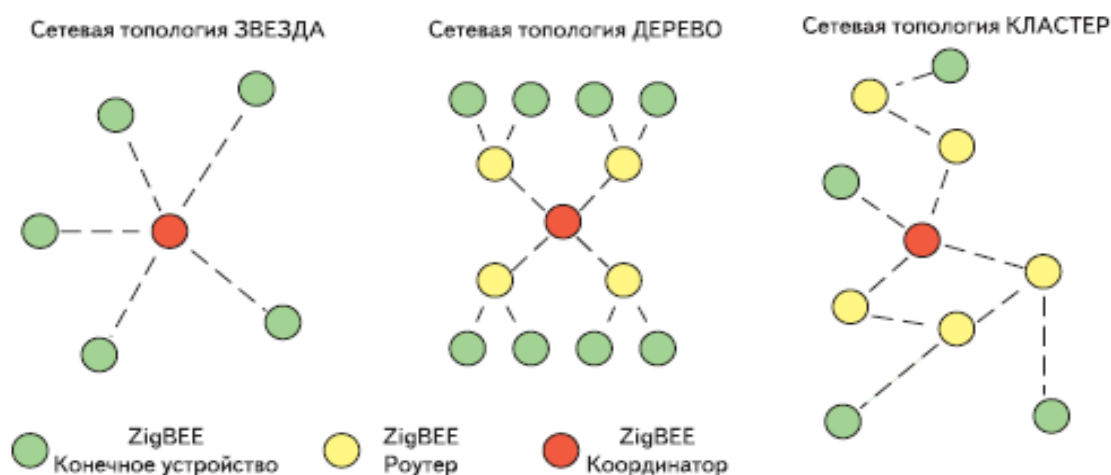


Рисунок 1 – Типичные топологии беспроводных сетей стандарта ZigBee.

Для изучения и исследования таких характеристик как скорость передачи информации, объем занимаемой памяти, распределение числа событий и нагрузки,

изменение характеристик сети при ее расширении и другие, необходимо провести имитационное моделирование на OPNET Modeler 14.5, стандарта ZibBee [5].

Поэтому поместим на рабочем столе OPNET Modeler 14.5, как показано на рисунке 2 элементы сети ZibBee – координатор, маршрутизатор, и оконечное устройство.



Рисунок 2 – Расположение элементов ZibBee сети.

Для проведения эксперимента по имитационному моделированию ZibBee сети необходимо вначале провести настройки элементов сети. Для этого каждый элемент настраиваем для ее функционирования, например, так как показано на рисунке 3.

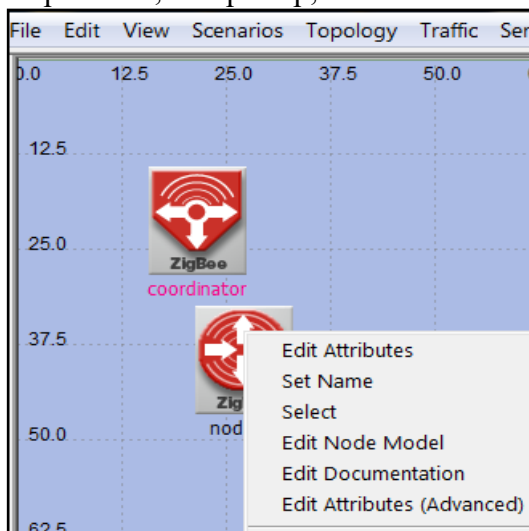


Рисунок 3 – Настройки оборудования ZibBee, маршрутизатора

После проведенных настроек элементов ZibBee координатора, маршрутизатора и оконечного устройства, выбираем такие характеристики, как индивидуальные – Delay и Load –задержка и загрузка.

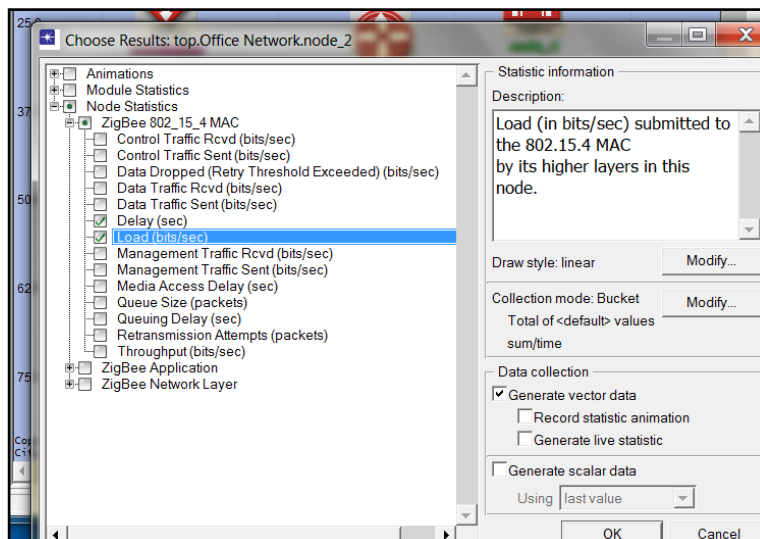


Рисунок 4 – Экспериментальный выбор моделируемых параметров Delay и Load.

Далее, проводя моделирование, как показано на рисунке 5, получаем результаты моделирования, полученные на координаторе. В котором видно, что среднее и текущее значения скорости до определенного времени растут.

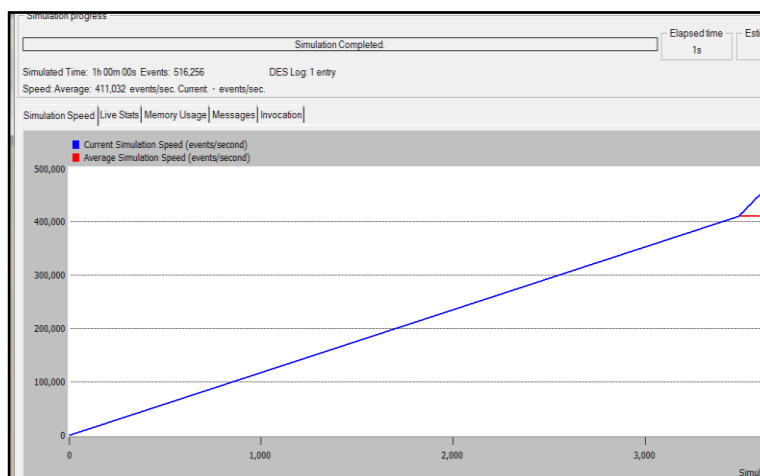


Рисунок 5 – Распределение величины скорости за модельное время

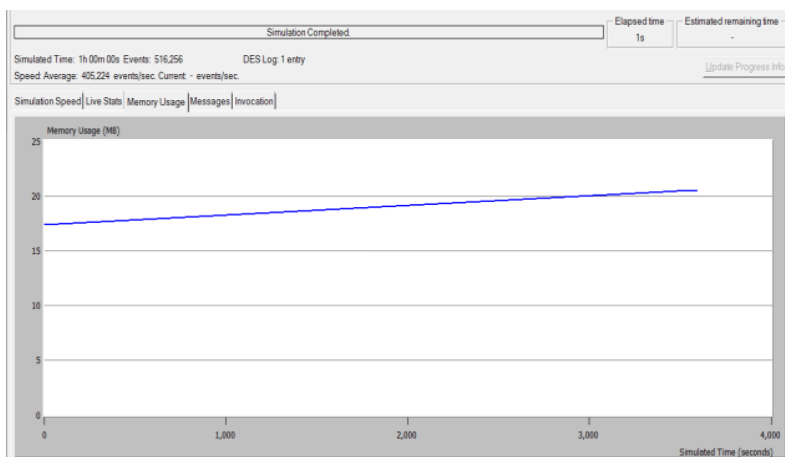


Рисунок 6 – Распределение памяти в течении модельного времени

Значение занимаемой памяти меняется незначительно, за модельное время.

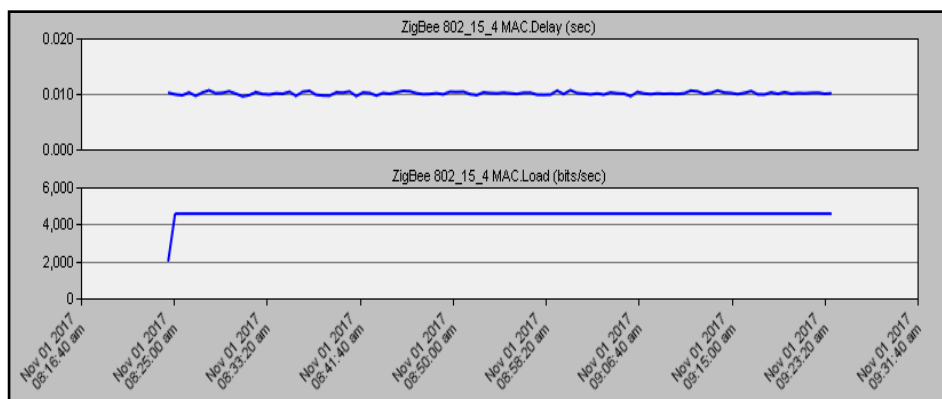


Рисунок 7 – Распределение загрузки и проходящая нагрузка в сети за период модельного времени

Из рисунка 7 видно, что задержка по своему значению являются постоянной величиной, а величина загрузок также за модельное время почти после установления является величиной постоянной.

Рассмотрим, как влияет расширение сети на её характеристики и проведём расширение сети, как показано на рисунке 8.

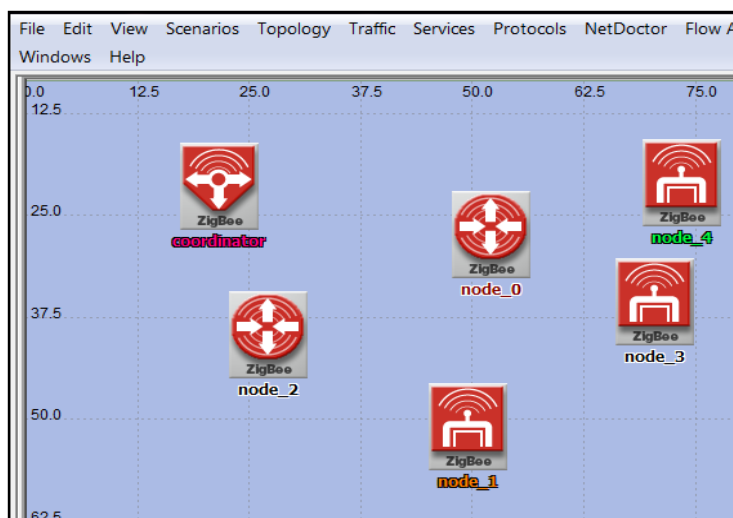


Рисунок 8 – Сеть после расширения

Увеличили число маршрутизаторов и оконечных устройств. Задавая, для исследования те же характеристики задержку и распределение загрузки для новых устройств, проведем моделирование. В результате величина скорости увеличилась в силу того, что обычно прибавление еще одного маршрутизатора, ищущего короткие пути для направления по нему нагрузки скорость увеличивается, поэтому скорость увеличилась от значения 411,032 events/сек до 530.199 events/сек за то же модельное время.

Занятость памяти, которая также увеличилась и стала равна 530.199

Величина загрузки увеличилась значительно, за счет наличия двух маршрутизаторов в такой сети.

Далее, проведем проверку достоверности структуры построения расширенной сети на основании использования моделирования сети на основе построения безопасности её структуры.

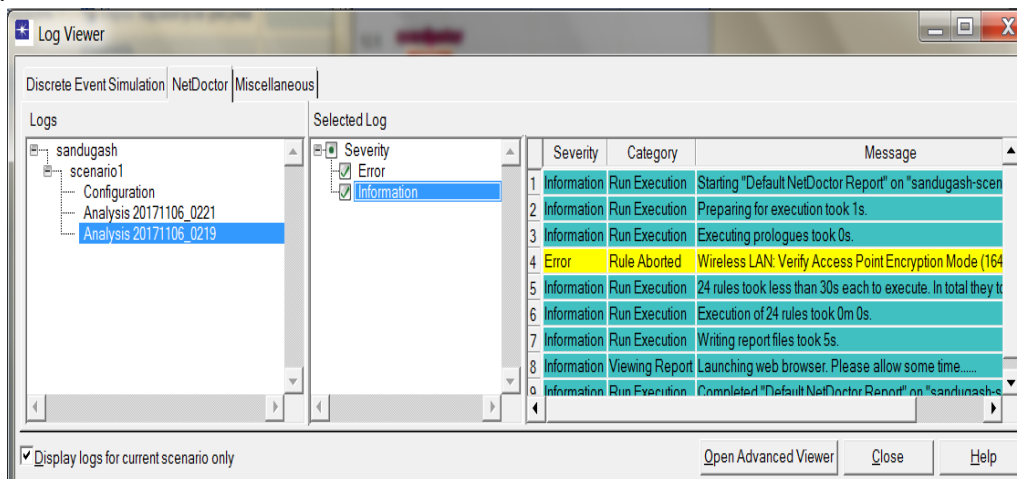


Рисунок 9 – Проверка безопасности структуры ZibBee сети

На рисунке 12 приведены результаты проверки безопасности структуры построения ZibBee сети, при использовании модуля Net Doctor пакета прикладных программ Ornet Modeler 14.5, из которой видно обнаружение ошибки при использовании Wireless Lan (в правой части рисунка 9).

Рассмотрим небольшой пример расчета электроэнергии от применения одной батарейки, например, Duracell емкостью 1,15 А-ч.[1]. Рассчитаем пожелание работы батарейки в течении 1 года получаем в часах 8766 часов.

Среднее потребление устройства составит около 65 мкА (1,15 А-ч / 8766 ч).

Учитываем далее, что на прием или передачу данных в среднем тратится порядка 15 мА, а в спящем режиме потребление составляет 1 мкА.

При таких условиях максимальный рабочий цикл устройства составит не более 0,22% ((0,065 мА- 0,001 мА)/15 мА x 100%) от времени работы, что удовлетворяет требованию стандарта ZigBee — не более 0.5%.

За один час работы (1 ч = 3600 с) устройство активно в течение 15,48 с (3600 с/100% x 0,22%).

Учитывая, что среднее время обмена составляет порядка 3 мс (чего обычно вполне достаточно для передачи небольшого объема данных), получается, что в течение 1 часа устройство будет активировано 1032 раз (3096 с/ 0,03 с).

3 Заключение

Для изучения и исследования таких характеристик как скорость передачи информации, объем занимаемой памяти, распределение числа событий и нагрузки, изменение характеристик сети при ее расширении и другие, выполнено имитационное моделирование на OPNET Modeler 14.5, стандарта ZibBee [5].

Итак, расчеты показали, что при работе от одной пальчиковой батарейки, беспроводное устройство передавая информацию 1032 раз в час, то есть примерно каждые 3.5 секунд, сможет проработать порядка 1 года. Данный пример, даже, несмотря на то, что

расчет проведен сугубо теоретически, наглядно демонстрирует минимальность энергопотребления ZigBee-устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якубова М.З., Оразалиева С.К.: Моделирование анализа распределения нагрузки в беспроводных сетях на основе применения пакета прикладных программ Opnet Modeler v.14.5.//Высшая школа казахстана: научно-педагогический журнал, №3, 2018.
2. Faludi R., Building Wireless Sensor Networks. With ZigBee, XBee, Arduino, and Processing, p. 321. O'Reilly Media, [2010]
3. Opnet Modeler [Электронный ресурс] / The Application Performance Company.– Режим доступа: \www/ URL: <http://www.opnet.com> – 14.02.2018 г.
4. Левжинский А. С.: Моделирование и визуализация беспроводных сенсорных сетей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2011/fknt/levzhinsky/diss/index.htm>
5. A.Kaur et al. "A brief review: ECG-based Health Monitoring System through Zigbee Sensor Networks." Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2.6, 2016.
6. C. Zhang and W. Luo, "Topology Performance Analysis of Zigbee Network in the Smart Home Environment," International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, 438-440, 2014.

BIBLIOGRAPHY

1. Yakubova MZ, Orazalieva SK: Modeling the analysis of load distribution in wireless networks based on the application of the Opnet Modeler v.14.5 software package. // The High School of Kazakhstan: Scientific and Pedagogical Journal, №3, 2018.
2. Faludi R., Building Wireless Sensor Networks. With ZigBee, XBee, Arduino, and Processing, p. 321. O'Reilly Media, [2010]
3. Opnet Modeler [Electronic resource] / The Application Performance Company.- Access mode: \ www / URL: <http://www.opnet.com> - 02/14/2018.
4. Levzhinsky AS: Modeling and visualization of wireless sensor networks. [Electronic resource]. - Access mode: <http://masters.donntu.org/2011/fknt/levzhinsky/diss/index.htm>
5. A. Kaur et al. "A brief review: ECG-based Health Monitoring System through Zigbee Sensor Networks." Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2.6, 2016.
6. C. Zhang and W. Luo, "Topology Performance Analysis of the Zigbee Network in the Smart Home Environment," International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, 438-440, 2014.

Аңдатпа. Берілген жұмыс ZigBee жүйесіндегі сенсорлық желі құрылғыларының технологиясын талдау және зерттеуге арналады. Желінің әртүрлі құрылымында ақпаратты тарату жылдамдығы, маршруттау және операциялық жүйенің жүктелуі секілді параметрлерге зерттеулер жүргізілді. Имитациялық үлгі OPNET Modeler 14.5 қолданбалы бағдарламалар пакетін пайдалану негізінде әзірленді. Келтірілген зерттеулер Zigbee құрылғылары аз мөлшерде энергия тұтынуын айқын көрсетеді.

Айта кетейік, сымсыз сенсорлық желі бірінші кезекте техникалық, экономикалық себептер бойынша кабельдерді тарту мүмкін емес аймақтарда қажет. Шағын радиуста жұмыс жасайтын сымсыз желілері технологиясы ұзақ уақыт бойы батареяларын ауыстыруды немесе зарядтауды қажет етпей дербес жұмыс істейді. Коммуникациялық желі ZigBee технологиясын пайдалана отырып кеңейту барысында ақпаратты жинау, өңдеу және тарату өзіндік құрылған жүйенің таралған желісін құру мүмкіндігі пайда болады.

Кілттік сөздер: Cisco - сенсорлық үйлестірушісі, шеткі құрылғы, желі, желі, ZigBee имитациялық үлгілеу.

Abstract. Work is devoted to the analysis and a research of technology of devices of touch network in the ZigBee system. Researches of such parameters as the information transfer speed, employment of an operating system, routing in various configuration of network are conducted. The imitating model on the basis of use of a package of the OPNET Modeler 14.5 application programs is developed. This example clearly demonstrates minimality of energy consumption of ZigBee-devices.

We will note that the wireless touch network is necessary first of all in such areas where in general laying of cables for the technical, economic or organizational reasons is impossible. The technology of wireless networks of small range, functions a long time independently, without recharge or replacement of batteries. At expansion of communication network with use of ZigBee technology there are possibilities of creation of the distributed network of the self-organized system of collecting, processing and information transfer

Keywords: touch networks, coordinator, router, terminal, ZigBee network, imitating modeling.

К.А. Есбукенова, С.Б. Болатбек

НАО «Алматинский Университет Энергетики и Связи», г.Алматы, Республика Казахстан

ТЕХНОЛОГИЯ ЛОКАЦИИ ПРИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОМ МЕТОДЕ БУРЕНИЯ

Аннотация. В настоящее время, при строительстве нефтяных и газовых трубопроводов, для перехода через подземные преграды, используются различные траншейные и бестраншейные методы прокладки трубопроводов. Метод наклонно-направленного бурения, который относится к бестраншейному методу строительства подводных переходов, является одним из самых надежных, экономически и экологически выгодным. При этом появляется возможность скорректировать траекторию пути траншеи при помощи современной системы локации, без которой не обходится ни одна установка наклонно-направленного бурения, в зависимости от специфики местности, из-за чего, даже можно не перекрывать трассы.

Системы локации в данной технологии созданы таким образом, чтобы управление ими не создавало никаких проблем. Их устройство: передатчик и ресивер. Каждая система состоит из зонда и специального прибора синхронизации с ним. Зонд располагается на буровой головке. А системой с помощью прибора управляет оператор, находящийся на поверхности.

Целью данной работы является обзор приборов определения положения инструмента бурения наклонно-направленных скважин.

Ключевые слова: наклонно-направленное бурение, локатор, бестраншейный метод, экологичность.

Вопросы эффективной и быстрой прокладки подводных трубопроводов при работе с инженерными сетями, становится всё более актуальным в наши дни. Всё чаще, на пути прокладки трубопровода можно встретить множество как техногенных, так и природных препятствий, которые существенно мешают процессу работы. Например, высоковольтные линии, автомобильные и железнодорожные маршруты, ручьи, овраги и многое другое. При наличии таких преград, целесообразно применить лишь способ наклонно-направленного бурения. Данная технология применяется в случаях выполнения следующих работ:

- а) бурение нефте- и газодобывающих скважин;
- б) бурение для геологического исследования;
- в) перед прокладкой канализации;
- г) перед прокладкой газоснабжения и водоснабжения;
- д) при обустройстве кабельной магистрали [1].

Современная буровая техника имеет возможности работать в сложных геологических условиях и не ограничиваться по факторам сезонности. А современные технологии бестраншейной прокладки позволяют заканчивать работы быстро и качественно, при этом сохраняя все объекты внешнего благоустройства, природный и архитектурный ландшафт, избежать перекрытия железнодорожных путей, автомагистралей и т.д [2].

Бестраншейные способы прокладки подводных переходов имеют следующие преимущества:

а) высокое качество и надёжность конструкции перехода за счет заглубления трубопровода гораздо ниже линии предельных деформаций дна и берегов водоема;

б) отпадает необходимость берегоукрепительных работ;

в) возможность выполнения строительно-монтажных работ на ограниченных по площади строительных площадках и в стеснённых условиях;

г) сохранение естественного рельефа местности, береговых склонов и водного режима водоема за счёт исключения подводных и береговых, буровзрывных и других работ;

д) возможность прокладки трубопровода под сооружениями гидротехнического назначения [3].

Мозгом оборудования наклонно-направленного бурения является система наведения. Управление в наклонно-направленном бурении с помощью системы локации – очень важный момент. В настоящее время техника позволяет крайне точно осуществлять буровые работы. Локатор наклонно-направленного бурения появляется лишь в 80-е годы прошлого века, и с тех пор качество и надежность буровых работ перешли на новый уровень.

Если объяснять простым языком, устройство состоит из двух основных инструментов: передатчика и ресивера. Передатчиком обычно называют зонд и специальное устройство синхронизации с ресивером. Зонд располагается на буровой головке (рисунок 1).



Рисунок 1 – Расположение навигационного оборудования

А ресивером в данной системе является пульт управления и обработки информации, за которым сидит оператор, находящийся на земной поверхности. Стандартное оснащение ресивера обычно включает в себя дистанционный дисплей, зарядное устройство, Li-ion аккумуляторы. Система значительно упрощает процесс локации за счёт использования простого современного графического программного интерфейса, а также других системных функций. Цветные пиктограммы на дисплее приёмника (рисунок 2) и четырёхпозиционная кнопка переключения упрощают процесс навигации и ввода команд.



Рисунок 2 – Монитор оператора

Благодаря этой информации, оператор может своевременно реагировать на все подземные преграды и, при необходимости, изменять траекторию движения бурового инструмента.

На сегодняшний день на рынке существует лишь три наиболее востребованные компании по производству локационных систем для наклонно-направленного бурения. Такое малое количество ведущих производителей связано со сложностями производства такого оборудования в виду учитывания всех факторов бурения и необходимости квалифицированного подхода и профессионализма в данной области. Ведь для разработки оборудования, в первую очередь, нужно глубокое понимание самого процесса, а также наличия опыта, для дальнейшей модернизации программной и конструкторской оболочки.

Итак, основные компании производители систем локационного оборудования для наклонно-направленного бурения:

а) наиболее надежными и качественными считаются американские локаторы системы DigiTrak;

б) второй конкурентноспособный производитель на рынке, это компания UNIVERSAL HDD (США), которая разработала навигационную систему Unitrak;

в) следующая система локации называется SNS 300.

Итак, современные электронные системы локации наклонно-направленного бурения включают в себя передающее устройство, которое индуцирует сигнал на кабель с очень низкой частотой (VLF). Обычно частота составляет от 8 до 80 кГц. Есть устройства, которые работают и в пределах стандартных диапазонов. Существует два протокола, подходящих для данных систем локации: Eclipse и Mark.

Самым большим минусом большинства систем локации наклонно-направленного бурения является их способ питания. Подавляющее большинство питается от того же источника электрической энергии, что и сама буровая головка, т.е. они по сути напрямую связаны с самой буровой установкой. Получается, что для калибровки мощности работы самого бура, необходимо устанавливать регулятор напряжения и тока, который будет

отдельно поддерживать стабильное питание локатора. В данном случае, конечно, целесообразнее использовать встроенный источник питания.

Еще одним минусом является то, что данная технология электромагнитная и в связи с этим подвержена различным помехам. Помехи могут привести к неточности измерений глубины и к потере данных о положении и ориентации зонда. Источниками помех являются (хотя могут быть и другие) проводка светофоров на дорогах, невидимые ограждения, кабельное телевидение, электрокабель, оптико-волоконные линии, металлические конструкции, системы катодной защиты, телефонные кабели, сотовые телефоны, соленая вода, радиорелейные башни, электропроводный грунт, арматура, приборы, излучающие радиоволны, а также прочие неустановленные источники помех [4].

И последний минус заключается в том, что величины измерения во всех системах локаций, производят замеры в дюймах и футах, что вызывает неудобства у большинства местных операторов данного оборудования.

Также стоит отметить, что технология наклонно-направленного бурения является технологией с крайне высокой степенью риска, который заключается в ответственном контроле за процессами, происходящими в скважине. Разброс технических рисков при наклонно-направленном бурении шире, чем при традиционном виде бурения скважин. Это напрямую связано с ее большим диаметром, например, для трубопровода диаметром 1020 мм те же параметры скважины должны составлять не менее 1420 мм. Сохранить такую скважину в константном состоянии на длительное время – тяжелая техническая проблема. В связи с этим и появляется риск остановок при бурении, например, при отказе одного из узлов бурового оборудования или по другому фактору, крайне высока вероятность заклинивания всей буровой колонны и инструмента в скважине.

По статистике, аварийные ситуации возникают при бурении каждого десятого перехода. Этим и объясняется большой уровень запаса на технологический риск. Ярким примером такой ситуации является наибольшее отклонение от вертикали (3836 м) в США в заливе Кука, а на острове Сахалин в 1972 году отклонение составило 2453 м. Именно поэтому, очень внимательно относятся к устройству и функционалу локатора, который принимает и оцифровывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика. Очень важна программная составляющая данного контроля, для удобства работы оператора, который отслеживает положение наклона и направления буровой головки. Все данные являются основополагающими для контроля соответствия траектории проводимого трубопровода. Т.е. при отклоне буровой головки от проектной траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и настраивает направление. Именно в связи с перечисленными рисками, технология локации при наклонно-направленном бурении требует высокой точности и надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сальников А.В., Зорин В.П., Агинеи Р.В. Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках печорского бассейна: Учебное пособие. – Ухта: УГТУ, 2008. – 108 с.
- 2 СП РК 3.05-103-2014 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
- 3 Фетисова М.А., Горшков Д.Н., Страхов К.А. Прокладка трубопроводов без разрытия траншей // Молодой ученый. – 2014. – №4. – С.287-289. – URL <https://moluch.ru/archive/63/10135/> (дата обращения: 10.09.2018).
- 4 Инструкция по эксплуатации DigiTrak Eclipse [403-1100-11K1] – 2013. – 74 с.

REFERENCES

- 1 Salnikov AV, Zorin VP, Aginei RV Methods of construction of underwater transitions of gas and oil pipelines on the rivers of the Pechora basin: Textbook. - Ukhta: USTU, 2008. - 108 p. (russian language)
- 2 SP RK 3.05-103-2014 Technological equipment and process pipelines. (russian language)
- 3 Fetisova MA, Gorshkov DN, Strakhov K.A. Laying of pipelines without trenching // Young scientist. - 2014. - №4. - P.287-289. - URL <https://moluch.ru/archive/63/10135/> (reference date: September 10, 2013). (russian language)
- 4 Operating Instructions DigiTrak Eclipse [403-1100-11K1] - 2013. – 74 p. (russian language)

СУ ТОСҚАУЫЛДАРЫН ӨТУДЕ КӨЛБЕУ-БАҒЫТТАЛҒАН ҰҢҒЫМАЛАРДЫ БҰРҒЫЛАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

К.А. Есбукенова, С.Б. Болатбек

БАҚ «Алматы энергетика және байланыс университеті», Алматы қ., ҚР

Аңдатпа. Қазіргі уақытта мұнай және газ құбырларын салу кезінде су тосқауылдарын өту үшін әртүрлі әдістер қолданылады. Су асты өткелдерін салудың безғазсыз әдісіне жататын бұрғылау әдісі ең сенімді, экономикалық және экологиялық жағынан тиімді. Бұл жағдайда трассаның жолын заманауи орналасу жүйесімен түзетуге болады, бұл ретте жердің ерекшелігіне байланысты бағытты бұрғылауды орнату талап етілмейді.

Осы технологиядағы орналасу жүйелері оларды басқару ешқандай проблемалар тудырмайтындай етіп жасалған. Олардың құрылғысы: таратқыш және қабылдағыш. Әрбір жүйе зондпен және онымен синхрондау үшін арнайы құрылғыдан тұрады. Сынақ бұрғылау басында орналасқан. Ал жүйе құрылғының көмегімен жер бетіндегі оператор арқылы бақыланады.

Осы мақаланың мақсаты бұрғылау қондырғысының ұңғымаларды бұрғылау ұңғымаларын анықтауға арналған аспаптарды қарау болып табылады.

Түйінді сөздер: көлбеу-бағытталған бұрғылау, локатор, қазусыз әдіс, экологиялық үйлесімділік.

LOCATION TECHNOLOGY IN DIRECTIONAL DRILLING METHOD

K.A. Yesbukenova, S.B. Bolatbek

NJC «Almaty University of Energy and Communications», Almaty, Republic of Kazakhstan

Annotation. Nowadays, in the construction of oil and gas pipelines, various trench and trenchless methods for laying pipelines are used to cross water barriers. The method of directional drilling, which refers to the trenchless method of construction of underwater crossings, is one of the most reliable, economically and environmentally beneficial. . In this case, it becomes possible to correct the path of the trench path with the help of a modern location system, without which no installation of directional drilling is required, depending on the specificity of the terrain, because of which, it is even possible not to overlap the tracks.

Location systems in this technology are designed in such a way that their management does not create any problems. Their device: a transmitter and a receiver. Each system consists of a probe and a special device for synchronization with it. The probe is located on the drill head. And the system with the help of the device is controlled by an operator on the surface.

The purpose of this paper is to review the instruments for determining the position of the drilling tool for directional wells.

Key words: directional drilling, locator, trenchless method, ecological compatibility.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 622.011.43,624.04

А.Ж.Масанова

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

ДЕФОРМАЦИЯ СБОРНОЙ ОБДЕЛКИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ИХ УПРУГОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Аннотация. В данной статье рассматривается частный случай задачи дифракции стационарных волн на сборной обделке с учетом, что сила взаимодействия обделки и породного контура тоннеля пропорциональна относительному смещению их точек. При изучении поведения протяженных сооружений применяется модель кольцевой конструкции. С учетом граничных условий проиллюстрировано частное решение задачи с приведением эпюры деформации, как сборной обделки так и окружающего массива

Ключевые слова: анизотропный массив, колебания обделки, эпюры радиальных смещений.

Рассматривается движение сборной четырехзвенной тоннельной обделки, радиуса R, состоящей из одинаковых жестких звеньев, соединенных на концах упругими связями, работающих на растяжение-сжатие и изгиб. Крезь [1] помещена в безграничный упругий, однородный, анизотропный массив, в котором распространяются плоские гармонические волны. Волны, распространяющиеся в окружающем массиве, вызывают колебания обделки, и, в свою очередь, колебания обделки возбуждают волны в массиве [2].

На границе контакта среды и обделки выполняются условия:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= K_r(u_r - \gamma_r), \\ \sigma_{r\theta} &= K_\theta(u_\theta - \gamma_\theta), \quad \text{при } r = R \end{aligned} \tag{1}$$

где γ_r, γ_θ - радиальные и тангенциальные смещения обделки (4), u_r, u_θ - смещения упругой среды на границе, движение которой описывается уравнениями:

$$(\lambda + \mu) \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{u} + \mu \Delta \vec{u} = \rho \frac{\partial \vec{u}}{\partial t^2}, \quad \vec{u} = \begin{pmatrix} u_r \\ u_\theta \end{pmatrix} \tag{2}$$

где λ, μ - упругие константы Ламе, ρ, \vec{u} - плотность и перемещения среды. Зависимость параметров перемещения среды (2) и обделки (4) от времени предполагается в виде $e^{-i\omega t}$ и разлагаются в ряды Бесселя с некоторыми неопределенными коэффициентами a_{n1}, a_{n2} :

$$\begin{aligned} u_r &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} (\alpha H'_n(\alpha) a_{1n} - n H_n(\beta) a_{2n} + u_{nr}^0), \\ u_\theta &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} (n H'_n(\alpha) a_{1n} - \beta H_n(\beta) a_{2n} + u_{n\theta}^0), \end{aligned} \tag{3}$$

где $H_n(x), \alpha = \omega/c_p, \beta = \omega/c_s$ - функции Ханкеля первого рода и волновые числа продольных и поперечных волн.

Для описания движения сборной обделки используются уравнения [1]:

$$\left(-\nu[A]\omega^2 + [B] + k[C] + \frac{1}{M_k}[D] \right) \mathbf{x} = \mathbf{q}_f, \quad (4)$$

$$\mathbf{q}_f = \begin{pmatrix} K_r u_r \\ K_\theta u_\theta \end{pmatrix} = Q_f e^{-i\omega t}$$

где в качестве обобщенных координат системы \mathbf{x} берутся относительные смещения центров тяжести звеньев x_{ci} , u_{ci} и углы поворота звеньев ϕ_j ($j=1,2,3,4$). Матрица $[B]$ характеризует колебания обделки среды на границе $(K_{r,\theta}\gamma_{r,\theta})$, $[C]$ - растягивающие-сжимающие силы в стыках звеньев и $[D]$ - изгибающий момент в стыках. - радиальные и тангенциальные смещения точек обделки γ_r, γ_θ выражаются через обобщенные координаты в матричном виде

$$\gamma_{r,\theta} = [E]\mathbf{x}. \quad (5)$$

Обобщенные силы \mathbf{q}_f (4), соответствующие произвольной внешней нагрузке $f_{r,\theta}$ выражаются через ряды Бесселя с неизвестными коэффициентами a_{n1}, a_{n2} :

$$\mathbf{q}_f = \begin{pmatrix} K_r u_r \\ K_\theta u_\theta \end{pmatrix} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} (\bar{v}_{1n} a_{1n} + \bar{v}_{2n} a_{2n} + \bar{v}_{3n}). \quad (6)$$

Тогда с учетом (3) и (5) граничные условия (1) и (2),(4) будут представлять собой замкнутую систему линейных уравнений относительно a_{n1}, a_{n2} и обобщенных координат \mathbf{x} , которая решается численно методом Гаусса.

Таким образом, при дифракции продольных волн на рисунке 1 проиллюстрированы перемещения обделки γ_r, γ_θ и - смещения упругой среды на границе.

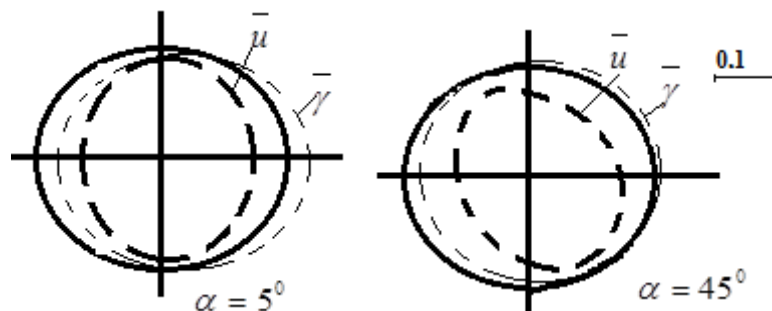


Рис.1

На рисунке 1 даются численные результаты эпюры радиальных смещений точек среды u_r и γ_r точек сборной обделки в зависимости от угла α падения волны. Расчеты проводились при параметрах среды $\lambda=6,02 \cdot 10^9$, $\mu=2,15 \cdot 10^9$, $R=2,1 \cdot 10^8$ м, $\rho=2,5 \cdot 10^3$; скорость распространения продольной волны $c=2,05 \cdot 10^4$. Эпюры демонстрируют что деформация среды и самой обделки относительно друг друга при разных углах падения волны происходит почти одинаково. В следствии чего напряжения на границе не велики с

учетом граничных условий (1), что существенно влияет на повышение надежности подземных сборной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 Масанова А.Ж. Математическая модель задачи сборной крепи протяженных подземных сооружений Тезисы докладов 9-й Межд.научно-технической Конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» Алматы 9-11.2014, С.228-229

2 Масанова А.Ж., Курманкожаева А.А. Расчет собственных частот круговой сборной крепи горизонтальной выработки в упругом массиве. Osaka, Japan: Materials of the II International scientific-practical conference “Integraition of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time”. Volume 1. March 7-9, 2017, – P. 218-221

REFERENCES:

1 Масанова А.Ж. Mathematical model of a collection tunnel lining. // Materials of the 9 International scientific–technicsl conference «Energy, Telecommunication and Higher Education in Modern Conditions» Almaty, Kazakhstan: November 9-11, 2014, P. 228-229

2 Масанова А.Ж., Курманкожаева А.А. Calculation own frequencies of a collection circle horizontal lining in elastic massiv Osaka, Japan: Materials of the II International scientific-practical conference “Integraition of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time”. Volume 1. March 7-9, 2017, – P. 218-221

DEFORMATION OF A COLLECTION CIRCLE LINING AND SURROUNDING ENVIRONMENT IN THEIR ELASTIC INTERACTION

Annotation. The instance of a stationary waves diffraction task on a collection circle lining in case when interaction power of tunnel lining and rock contour is proportional with respect to relative displacement for their points is considered. During investigation of an extended construction behavior the circle structure model is applied. Taking into account the boundary conditions, the partial solution of the tack with presentation of the strain diagram for collection circle lining and surrounding massif is given.

ҚҰРАМА ТӨСЕУ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ СЕРПІМДІ ҚАТЫНАС ЖАҒДАЙЫНДА ДЕФОРМАЦИЯСЫ

Аннотация. Берілген мақалада төсеу мен тоннельдің ерекше контуры қатысты ығысуы олардың нүктелеріне пропорционал болғандағы өзара әрекеттеуші күші құрама төсеудегі стационар толқындардың дифракция есебінің дербес жағдайы қарастырылады. Созылмалы құрылымдарды жүргізуді зерттегенде сақина конструкциясы қолданылады. Шектік шарттарды ескеріп, құрама мен айналасындағы жиымның деформация диаграммалары есебінің дербес шешімі суреттелген.

ИННОВАЦИИ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ

МРНЦТИ 28.29.59

И.Э.Сулейменов, А.С.Байкенов, С.Т. Байпакбаева, Т.А.Абишева

НАО Алматинский университет энергетики связи, Алматы, Казахстан

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЛЕКЦИОННЫХ КУРСОВ

Аннотация. В статье представлены дополнительные доказательства необходимости рассмотрения проектной деятельности как важнейшей компоненты учебного процесса, предложены конкретные подходы для внедрения проектной деятельности в условиях РК. Показано, что проектная деятельность должна внедряться на основании проектно-ориентированных лекционных курсов. Особенностью такого рода курсов является сочетание изложения классического материала с практическими занятиями, предусматривающими выполнение компонент конкретных проектов. Показано, что проектная деятельность, основанная на такого рода курсах может быть реализована в режиме автокалитического цикла, когда задания, выполненные студентами предыдущих лет, служат базой для формирования заданий, выполняемых студентами в последующие годы.

Рассматриваются примеры проектных заданий, которые могут служить для инициации такого цикла. Обосновывается точка зрения, в соответствии с которой для студенческой проектной деятельности привлекательным является рынок детских и подростковых развивающих игр, а также рынок рекламно-оформительской продукции.

Ключевые слова: проектная деятельность, проектно-ориентированная лекция, учебный процесс.

В настоящее время признается, что проектная деятельность должна стать одной из основных компонент учебного процесса [1-7]. В особенности этот тезис важен для такой дисциплины как РЭТ, по целому ряду объективных причин. Наиболее очевидная из них связана с тем, что в настоящее время в области РЭТ существует огромное количество разнообразных научных направлений, и охватить их все в рамках учебного процесса не представляется возможным. Более того, в настоящее время учебные программы, по которым осуществляется образовательная деятельность, формируются в основном исходя из соображений, связанных с факторами инерционности [5-8].

Другими словами, учебные программы формируются на той основе, которая по историческим причинам уже сложилась в каждом конкретном университете. Привнесение в эти программы чего-то нового происходит весьма медленно, что связано как с административными трудностями, так и с трудностями формирования собственно учебных курсов, равно как и кризисными явлениями в самой науке, рассматриваемой как социальная институция [8]. Более того, трансформации существующих учебных программ в принципе не способны обеспечить решение задач такого уровня сложности, которые вытекают из Послания Президента РК Н.А. Назарбаева от 10 января 2018 г., в котором говорилось о необходимости модернизации высшего образования и доведения его до уровня, отвечающего требованиям эпохи четвертой технологической революции.

Соответственно, требуется пересмотреть подходы к обучению [3-6], причём основной компонентой здесь должна стать именно проектная деятельность, которая позволит автоматически решить все проблемы, связанные с вариативностью учебного материала. Работая над конкретным проектом, который в идеале должен иметь самостоятельное коммерческое значение, студент автоматически будет усваивать именно

тот материал [1-7], который относится к наиболее передовым достижениям в конкретной области, в частности, в области РЭТ.

Здесь не потребуются существенная трансформации учебных программ, поскольку при ориентации на проектную деятельность, стержнем учебной программы становятся базовые дисциплины, обучение в рамках которых ориентируется на те достижения науки и техники, которые заведомо будет носить долговременный характер. Всё то, что касается переднего края науки, в этом случае переносятся на проектную деятельность.

Однако при реализации того, что называется в настоящее время проектной деятельностью, возникает целый ряд сложностей. В первую очередь, как показывает опыт многих российских университетов, крайне сложно организовать процесс так, чтобы студент или студенческий коллектив выполнил весь проект от начала и до конца. В известном смысле тот подход к осуществлению проектной деятельности обучающихся, который пытаются реализовать в настоящее время в университетах, копирует действия существующих институтов развития, таких как различного рода венчурные фонды, фонд науки в нашей стране и так далее [9,10].

Для такого рода институтов развития, первичной единицей с которой они работают, является проект, нацеленный на получение реальной коммерческой отдачи [9,10]. Предполагается, что коллектив исполнителей проекта до того, как он поступит на рассмотрение, должен выполнить значительный комплекс работ, начиная от выработки базовой идеи и заканчивая ее коммерческой разработкой [9-11]. Это достаточно трудоемкий процесс, который требует не просто высокой квалификации, но квалификации сразу в нескольких отраслях знаний [11]. Другими словами, человек, который формирует проект в том виде, в котором это требуют современные институты развития, должен одновременно обладать и квалификацией ученого (генерации идеи), и квалификацией инженера технолога (проработка этой идеи и доведение ее до уровня конкретной технической реализации), и навыками предпринимателя (внедрение данной идеи в производство, способность оценивать риски), и квалификацией экономиста (оценка результативности внедрения данной идеи). Очевидно, что для того, чтобы осуществить проектную деятельность коммерчески значимого уровня, потенциальный исполнитель (коллектив исполнителей) должен обладать всеми перечисленными навыками. Сложно ожидать, что всеми этими навыками будет обладать студент или же коллектив студентов. Более того, для того чтобы такого рода деятельность была осуществлена, необходима более чем серьезная мотивация, которой современные студенты не обладают [11].

Как показано в многочисленных работах, обобщенных в [11], в настоящее время подавляющее большинство студентов не обладает достаточной мотивацией даже к тому, чтобы получать реальные знания. Значительная часть студентов, на постсоветском пространстве преимущественно стремится к получению формальных свидетельств о квалификации, но не реальных знаний. В том случае, если от них потребуются еще более серьёзные усилия, нацеленные на проектную деятельность, то они, скорее всего, отнесутся к такого рода работе формально, и данный проект заведомо будет обречен на неудачу. Следовательно, для того, чтобы внедрить проектную деятельность в стенах университета реально требуется решить, как минимум, две задачи:

- 1) обеспечить такую постановку задач для студентов, чтобы она была выполнимой при сравнительно небольших усилиях;
- 2) обеспечить достаточную мотивацию студентов для занятия проектной деятельностью.

И наконец, если мы говорим об интересах университета в целом, необходимо обеспечить коммерческую отдачу от деятельности студентов.

Последнее требование, строго говоря, не является обязательным для проектной деятельности, рассматриваемой как компонента учебного процесса. Однако в текущих

условиях, в частности, когда стоит вопрос о создании центров компетенций, это требование также целесообразно включить в перечень условий обеспечивающих проектную деятельность в таких университетах как Алматинский университет энергетики и связи.

Исходя из сформулированных выше соображений, вытекает концепции проектно-ориентированных лекционных курсов. В качестве примера такого курса в данной работе рассматривается курс лекций по физической оптике, разработанный авторами данной статьи, содержание которого приводится ниже.

Лекция 1. Плоские волны и точечные источники света: преобразование Фурье и дельта-функция Дирака: линейные системы

Лекция 2. Отражение и преломление света: переход к геометрической оптике

Семинар 1. Старый добрый калейдоскоп и другие аттракционы

Лекция 3. Формулы Френеля и оптоволоконные линии связи

Лекция 4. Матричная оптика: матрица плоского зеркала и ее использование

Семинар 2: «Меч Джедая» и другие игрушки на основе световодов, плоские френелевские зеркала в наружной рекламе

Лекция 5. Линзы, призмы и параболические зеркала

Лекция 6. Матричная оптика

Семинар 3. Дирижабли на солнечной тяге и концентраторы лучистой энергии (не только солнечной)

Лекция 7. Параксиальные оптические системы и построение изображений: телескоп и приборы спектроскопии

Лекция 8. Оптика и проективная геометрия

Семинар 4. Лазерные шоу: ... и все это делают зеркала

Лекция 9. Поляризованный свет и дисплейные ЖК-экраны

Лекция 10. Интерференция в плоскопараллельных оптических системах: интерферометр Фабри-Перо, диэлектрические зеркала и просветление оптики, разрешающая способность спектроскопических приборов

Семинар 5. Рассеяние света и нетривиальные системы наружной рекламы

Лекция 11. Интенсивность оптического излучения и ее измерение: фотометры и солнечные фотоэлектрические панели

Лекция 12. Оптоэлектроника: компьютерные мыши и другие практические применения оптоэлектронных приборов

Семинар 6. Системы ввода информации с оптической кодировкой и концепция малой энергетики: игрушки и не только

Лекция 13. Дифракция света: зоны Френеля и Фраунгофера

Лекция 14. Голограммы и дифракционные решетки, голограммы Денисюка

Семинар 7. Печать голограмм и синтез объемных изображений: show must go on!

Занятие 15: Подведение итогов проектной деятельности студентов

Разумеется, данный предмет достаточно далек от области РЭТ, однако он используется в этой работе для того, чтобы проиллюстрировать основную идею предлагаемой концепции. Авторы исходят из предположения, что рассмотреть концепцию проектно-ориентированного курса целесообразно на конкретном примере, нежели излагать ее абстрактно. Кроме того, именно этот пример был выбран для того, чтобы оставить свободу для дальнейших дискуссий по формированию лекционных курсов в Алматинском университете энергетики и связи.

Идея проектно-ориентированного курса состоит в следующем: излагаются определенные базовые положения, традиционные для данной дисциплины. Скажем, применительно к данному лекционному курсу по оптике, первоначально излагаются сведения, относящиеся к таким явлениям как преломление и отражение света на границе

поверхности раздела двух сред. Подчеркиваем, что такого рода явления допускают различные описания, в частности возможно их анализировать как в рамках лучевой оптики, так и в рамках волновой оптики. Иными словами, просматривая только эти достаточно простые явления, студентам можно дать достаточно глубокие представления о том, как анализируются оптические системы вообще.

В тоже время, данные фундаментальные аспекты оптики могут дополняться различного рода проектными заданиями, примеры которых также содержится в данном лекционном курсе. В качестве примеров, в рамках данного курса студентам предлагается создать концепт детских и подростковых развивающих игр, которые бы иллюстрировали те оптические явления, которые они только что изучили.

Подчеркнем, что в настоящее время инновационная деятельность существенным образом ограничена отсутствием рынка сбыта. Подавляющее большинство проектов, особенно, на уровне сравнительно небольших стартапов, оказывается неуспешной именно потому, что результаты этой деятельности не имеют внедрения в практику [9,10]. Соответственно, говоря о проектных заданиях изначально нужно думать о том, каков может быть сбыт. При этом, важно принимать во внимание следующие обстоятельства: успешность оценивается по критерию соотношения вложений и получаемой прибыли.

Иными словами, при осуществлении проектной студенческой деятельности целесообразно ориентироваться на максимально дешевые инновации, то есть на те которые могут быть созданы при минимальных вложениях и при этом, могут быть реализованы в единичных экземплярах [9,10]. Следовательно [11], представляется целесообразным ориентироваться на рынок детских развивающих игр, тем более, что по непосредственным оценкам, вытекающим из данных таможенной статистики по постсоветскому пространству, объем импорта различного рода детских игр оценивается в цифры порядка нескольких миллиардов долларов в год (Таблица 1).

Таблица 1. Объем импорта РК по рынку игрушек за 2012-2017 гг.

Код ТН ВЭД	Наименование товара	2012, млн. долл.	2013, млн. долл.	2014, млн. долл.	2015, млн. долл.	2016, млн. долл.	2017, млн. долл.
9503003500	Пластмассовые наборы конструкторские и игрушки для конструирования прочие	2,3	1,9	1,8	1,4	1,7	1,8
9503002100	Куклы, изображающие только людей	4,6	5,5	4,9	4,1	2,8	4,7
9503003900	Наборы конструкторские и игрушки для конструирования из прочих материалов	0,4	0,4	0,7	0,14	2	1,3
9503004900	Игрушки, изображающие животных или других существ, кроме людей: прочие	3,9	3,3	2	3,5	3,6	4,2
9503006100	Головоломки: деревянные	0,09	0,12	0,17	0,09	0,12	0,23
9503006900	Головоломки, не деревянные, прочие	0,54	0,53	0,55	0,67	0,5	0,9
9503007000	Игрушки в наборах или комплектах прочие	5,6	1,8	7	9,4	7	5,3

9503007500	Игрушки и модели, имеющие встроенный двигатель, прочие, пластмассовые	4,5	4,3	2,8	1,7	1,5	1,4
9503007900	Игрушки и модели, имеющие встроенный двигатель, прочие, из прочих материалов	0,9	0,6	0,5	0,6	0,75	2,7
9503008100	Игрушечное оружие	2,6	2	1,9	2	1,3	1,8
9503008500	Прочие мини-модели литые металлические	0,9	0,85	0,65	1	0,8	1,3
9503009900	Прочие мини-модели не литые металлические, прочие	4,3	5,2	5,5	3,3	1,7	1,4
9504301000	Игры с экраном	3,4	3,2	2,4	1,3	2,5	1,66
9504302009	Прочие игры	0,3	0,4	0,8	0,83	1,1	0,54
9504500002	Электронные игры	0,63	0,44	0,24	0,06	0,02	0,05

Другими словами, здесь существует достаточно широкий простор как для творчества, так и для внедрения. Детская развивающая игра может быть внедрена, с одной стороны, при минимальных затратах, а с другой стороны, объем производства здесь может быть также минимален. Именно поэтому, в рамках проектно-ориентированного курса, содержание которого было представлено выше, даются задания по созданию различного рода детских развивающих игр, основанных на использовании именно на тех физических явлениях, которые излагались в лекционном материале. Примером является задание по совершенствованию детской игрушки «меч джедая». Игрушки данного типа (рис.1) очень широко представлены на рынке, интерес к ним остается на стабильно высоком уровне, так как такого рода фантастический меч является важным элементом реквизита киноэпопеи «Звездные войны». На рынке существует большое число их модификаций, но в силу того, что изделие заведомо представляет собой продукт, создаваемый по мотивам фантастического произведения, простор для творчества остается.

К рынку детских развивающих игр самым тесным образом примыкает рынок аттракционов, объектов туристической инфраструктуры и объектов, связанных с оформлением различного рода предприятий общественного питания и других объектов подобного рода.

В этом отношении показательным является современный опыт чешских университетов, выпускающих специалистов в областях, так или иначе связанных с прикладным искусством, в частности дизайнеров. Дипломные работы выпускников по соответствующим специальностям очень часто находят непосредственное применение в оформлении конкретных предприятий общественного питания. Фактически, речь идет о том, что здесь проектная деятельность студентов действительно ориентирована на коммерческое использование, причем внедрение инноваций такого рода, как правило, происходит в единичных экземплярах.



Рисунок 1- Меч джедая – существующая модификация

Обобщая, если говорить о проектной деятельности студента, то ориентация на крайне ограниченный круг потребителей представляется вполне оправданной. Как известно, создание единичного опытного экземпляра - это гораздо более дешевая инновация, нежели инновация, связанная с организацией серийного и даже малосерийного производства.

Соответственно, изначально целесообразно ориентироваться на выпуск продукции в крайне ограниченном объеме. Целесообразность ориентации на крайне ограниченный объем продукции связано еще с одним обстоятельством: как правило, генерация следующего проекта происходит тем легче, чем ближе этот проект к уже реализованным. Другими словами, если в рамках конкретного университета уже реализовано достаточно большое количество проектов такого типа, то следующий проект, представляющий модернизацию уже существующих, проходит гораздо более легко по целому ряду причин. Во-первых, студенты имеют отчётливое представление, что и как надо делать. Во-вторых, потребители уже понимают, что им имеет смысл сотрудничать с данным конкретном университетом и, наконец, благодаря такому подходу, развивается соответствующая инфраструктура внутри университета. В известном смысле все эти факторы и оказываются положенными в основу функционирования того, что и называется Центрами компетенций. (В среде потенциальных потребителей распространяется информация о том, что представители данного конкретного университета с успехом решают задачи соответствующего профиля, что является предпосылкой для получения соответствующих заявок.)

Таким образом, ориентация на ограниченный объем продукции представляется вполне оправданной. Более того, именно такой подход и позволяет реализовывать проектно-ориентированные лекционные курсы, в рамках которых излагаются основы той или иной дисциплины, а в качестве практических занятий предлагается рассмотрение уже реализованных проектов. Учебным заданием является дальнейшее их совершенствование и модернизация.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянова Н. В. Проектная деятельность студентов в учебном процессе //Высшее образование сегодня. – 2011. – №. 3. – С. 82-84.
2. Антюхов А. В. Проектное обучение в высшей школе: проблемы и перспективы //Высшее образование в России. – 2010. – №. 10.
3. Бреднева Н. А. Проектная деятельность студентов в условиях междисциплинарной интеграции //Актуальные проблемы современной науки. – 2012. – №. 5. – С. 87-92.
4. Корякина И. В. Проектная деятельность как средство формирования профессиональной компетентности студента СПО в условиях оптимизации образовательной среды //Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2012. – №. 5. – С. 156-158.
5. Абрамова Н. С. и др. Организация проектной деятельности студентов в электронном обучении //Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – №. 6. – С. 7-11.
6. Вохменцева Е. А. Проектная деятельность учащихся как средство формирования ключевых компетентностей //Актуальные задачи педагогики. – 2011. – С. 58-65.
7. Сагинтаева С.С. Наука и образование в Казахстане: зарисовки на фоне мировой турбулентности // Вестник АУЭС, 2018, спец. выпуск (мат. конф. «Роль молодежи в становлении экономики знаний»), С. 7.
8. Мун Г. А., Жанбаев Р. А. Фантомные боли мировой науки // Вестник АУЭС, 2018, спец. выпуск (мат. конф. «Роль молодежи в становлении экономики знаний»), С. 24
9. Инновационные сценарии в постиндустриальном обществе / И. Сулейменов, О. Габриелян, И. Пак, С. Панченко, Г. Мун. — Алматы–Симферополь: Print Express, 2016. — С. 218.
10. Некоторые вопросы современной теории инноваций / И. Сулейменов, О. Габриелян, Г. Мун, И. Пак, Д. Шалтыкова, С. Панченко, Е. Витулёва. — Алматы–Симферополь: Print Express, 2016. — С. 197.
11. Организация и планирование научных исследований / И. Сулейменов, О. Габриелян, В. Буряк, Н. Сафонова, Г. Ирмухаметова, Ш. Кабдушев, Г. Мун. — Алматы, Изд-во КазНУ, 2018, 336 с.

PRINCIPLES FOR CONSTRUCTING PROJECT-ORIENTED LECTURE COURSES

I.E. Suleimenov, A.S. Baikenov, S.T. Baypakbaeva, T.A. Abisheva

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan

Abstract. The article presents additional evidence of the need to consider the project activity as the most important component of the educational process, suggested specific approaches for the implementation of project activities in the conditions of the RK. It is shown that the project activity should be implemented on the basis of project-oriented lecture courses. A feature of this kind of course is the combination of the presentation of the classical material with practical lessons, which provide for the implementation of components of specific projects. It is shown that the project activity based on such courses can be implemented in the autocatalytic cycle mode, when tasks performed by students of previous years serve as a basis for the formation of tasks performed by students in subsequent years.

Examples of design tasks that can serve to initiate such a cycle are considered. The point of view is substantiated, according to which the market of children's and teenage developing games is attractive for student's project activity, as well as the market of advertising and design products.

Keywords: project activities, project-oriented lecture, educational process

ЖОБАЛЫҚ-БАҒДАРЛАНҒАН ЛЕКЦИЯЛЫҚ КУРСТАРДЫ ҚҰРУ ПРИНЦИПТЕРІ

И.Э.Сулейменов, А.С.Байкенов, С.Т. Байпақбаева, Т.А.Абишева

Алматы энергетика және байланыс университеті КЕАҚ Алматы, Қазақстан

Аннотация. Мақалада жоба жұмысын білім беру процесінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде қарастыру қажеттілігі туралы қосымша куәліктер келтірілген, ҚР жағдайларында жобалық қызметті жүзеге асырудың нақты тәсілдері ұсынылған. Жобаның қызметі жобалық бағыттағы лекциялық курстар негізінде жүзеге асырылуы тиіс екендігі көрсетілген. Курстың бұл түрі - классикалық материалдың презентациясын тәжірибелік сабақтармен бірге нақты жобалардың компоненттерін іске асыруды қамтамасыз ететін комбинациясы. Бұл курстарға негізделген жобалық қызмет автокаталитикалық цикл режимінде іске асырыла алады, ал алдыңғы жылдардағы студенттердің тапсырмалары кейінгі жылдары студенттердің міндеттерін қалыптастыру үшін негіз болып табылатынын көрсетті.

Осындай циклді бастауға көмектесетін жобалау міндеттерінің мысалдары қарастырылады. Баланың және жасөспірімдердің дамушы ойын нарығы студенттердің жобалық қызметі үшін, сондай-ақ жарнамалық және дизайн өнімдерінің нарығы үшін тартымды болып табылады.

Түйінді сөздер: жобалық қызмет, жобаға бағытталған дәріс, оқу үдерісі