

М. ТЫНЫШБАЕВ атындағы
ҚАЗАҚ КӨЛК ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

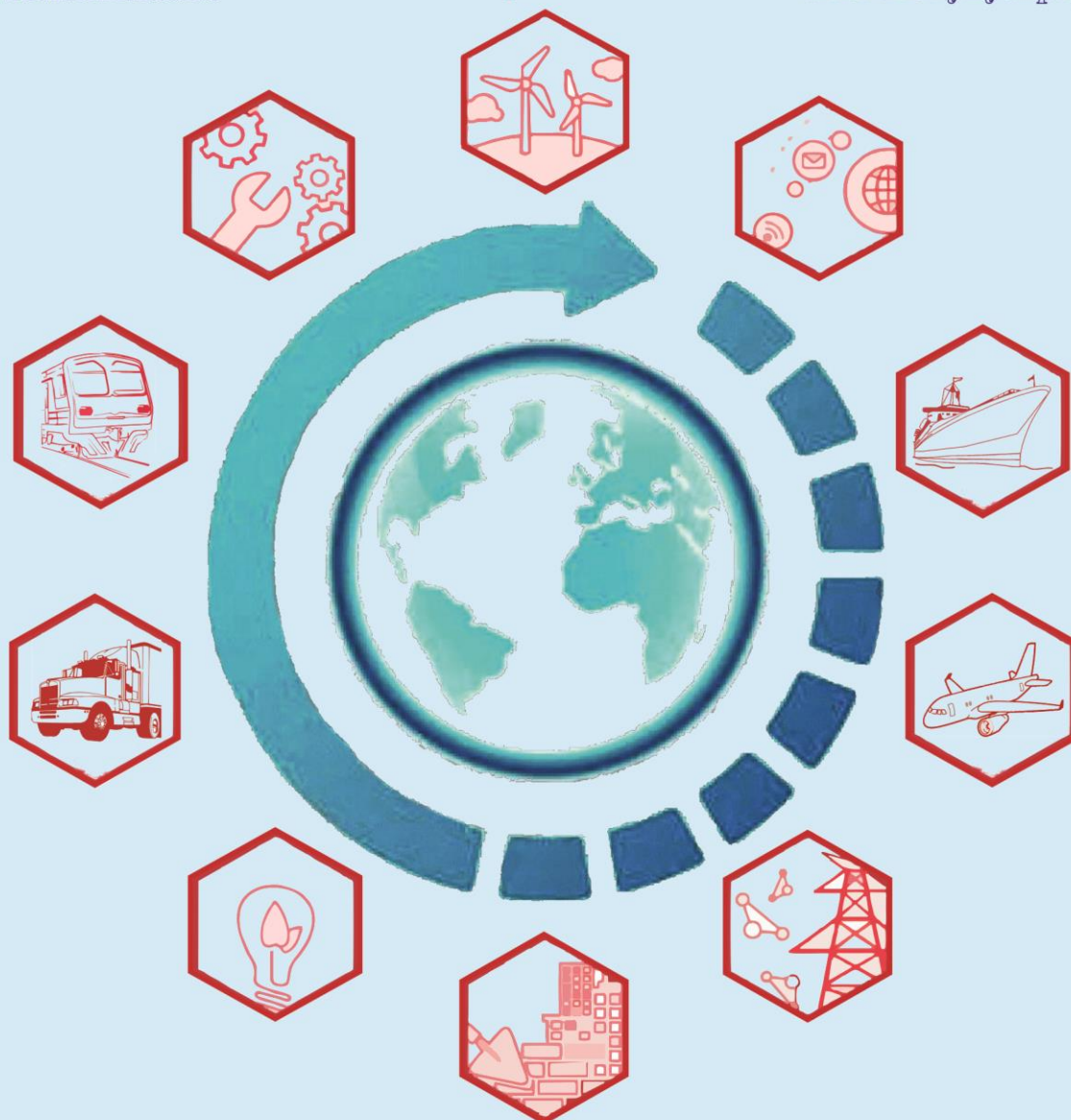
ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Казакской академии транспорта
и коммуникаций имени
М. Тынышпаева

The BULLETIN

of Kazakh Academy of Transport
and Communications named
after M. Tynyshpayev



Ғылыми журнал 2000 жылдың қаңтарынан бастап шығарылады. Жылына 4 рет шығады

Редакциялық кеңес

С. Н. Әміргалиева (Логистика және көлік академиясының президент-ректоры, ф.-м.ғ.д., Қазақстан),
В. Н. Глазков (т.ғ.к., доцент., Ресей көлік университеті МИИТ, Ресей),
Ж.Т. Нурсейтов (э.ғ.д., "Әскериленген теміржолды қорғау" Акционерлік Қоғамының экономика және қаржы жөніндегі Вице-президенті, Қазақстан),
А.В. Давыдов (э.ғ.д., проф., Сібір мемлекеттік қатынас жолдары университеті, Ресей),
А. Сладковский (т.ғ.д., техникалық Силезия университеті, Польша),
Кевин Бирн (PhD, ғылым докторы, Корольдік логистика және көлік институтының Президенті, Ұлыбритания),
Н. Игембаев (т.ғ.к. "ҚТЖ Express" АҚ Вице-президенті, Қазақстан),
Т.Болотбек (т.ғ.д., проф., КГУСТА, Қырғызстан),
О. Т. Шатманов (т.ғ.д., проф., Қырғызстан),
Дитрих Фес (профессор, ЛЭТИ мемлекеттік электротехникалық университеті, Германия, Саксония, Хемниц),
Жунци Цао (т.ғ.к., автомобиль және теміржол инженері, JSTI тобы, Нанкин, Қытай),
Грачев В. В. (т.ғ. д., ФГБОУ ПГУПС, Ресей Федерациясы, Санкт-Петербург),
Джузеппе Лопренсипе (PhD, инфрақұрылым және көлік, Сапиенца, Рим Университеті - азаматтық факультет, Италия, Рим),
Вуйцик В. (д.т.н., проф., Люблин политехникалық университеті, Польша, Люблин облысы.)
Шейх-Али А.Д. (ф.-м.ғ.к., Ph.D, корпорациялық металлур Leco Corporation, Қазақстан)

М. Тынышбаев атындағы
Қазақ көлік және коммуникациялар академиясының
ХАБАРШЫСЫ №3
2021

МАЗМҰНЫ

| | |
|--|--------|
| Қазақстанның теміржол көлігін дамыту болашағы Ж.С.Мусаев, М.Ж.Туркебаев, Р.К.Кибитова..... | 7-14 |
| Жоғарыдан төмен қазатын инерциялы роторды тар аумақта жұмыс істейтін машиналарда қолдану К.А.Жусупов, А.Б.Нурсобетов, А.М.Қуанышбаева, Н.Б.Енсененов..... | 15-21 |
| Жоғары жылдамдықты темір жолының эксплуатациялық принциптер мен технологиялар Е. Битигов, Д. Бекжанов, С. Бекжанова..... | 22-28 |
| Жоғары жылдамдықты темір жолында пойыздардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету Д. Битигова, Д. Бекжанов, С. Бекжанова..... | 28-33 |
| Nanosatellite motion simulation for testing the sun sensor Ү. Nurgizat..... | 34-42 |
| Темір жол көлігіндегі деректермен алмасудың технологиялық радио желілері Е.Б. Коянбеков, А.К. Оразымбетова, Д.А. Ақтайлакова..... | 43-52 |
| Технологияның функционалдық мүмкіндіктерін талдау DVB-MMDS А.Б. Матаева, М.А. Липская, М.А. Сайдахметов, А.К. Оразымбетова..... | 53-61 |
| Кедергілерді анықтаудың локомотив жүйесін әзірлеу Т.О. Чигамбаев, Н.М. Құсман..... | 61-65 |
| LORA радиомодулі және GPS көмегімен тежегіш төсеуіштерді бақылау Т.О. Чигамбаев, С. А. Юсупова, С.Р. Қизатов..... | 65-71 |
| Микроорганизмді пайдаланып мыс өндіру процессін зерттеу С.А. Юсупова, Т.О. Чигамбаев, А.А. Уалиев..... | 71-78 |
| Қазақстан мысы русын өндеу технологиясы - өткен тәжірибенің перспективалары С.А. Юсупова, Т.О. Чигамбаев, А.А. Уалиев..... | 78-85 |
| «Құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігін әзірлеу және зерттеу Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев..... | 85-92 |
| «Құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігін жобалау Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев..... | 92-102 |

Редакция алқасы

С.Н. Амиргалиева
– бас редакторы (ф.-
м.ғ.д., профессор, ЛКА)
Махметова Н.М.
(т.ғ.д., проф ЛКА)
М.Я. Квашнин
(т.ғ.к., доцент ЛКА)
С.С. Абдуллаев
(т.ғ.д., проф. ЛКА)
А.А. Мельдешов
(х.ғ.д. доцент ЛКА)
В.Г. Солоненко (т.ғ.д.,
проф. ЛКА)
Н.А. Токмурина
(т.ғ.к. доцент ЛКА)
Ж.С. Мусаев
(т.ғ.д., доцент ЛКА)
К.А. Жусупов
(т.ғ.к. доцент ЛКА)
С.Е. Бекжанова (т.ғ.д.,
проф. ЛКА)
М.Н. Айкумбеков
(т.ғ.к. ЛКА)
Б.Б. Телтаев
(т.ғ.д., проф.ЛКА)
М.С. Изтелеуова
(т.ғ.д. проф. ЛКА)
А.Н. Нургулжанова,
(т.ғ.к., проф. ЛКА)
А.Ж. Тойгожинова,
(PhD докторы, ЛКА),
А.К. Оразымбетова,
(PhD докторы, ЛКА),
Б.А. Онгар.
(PhD докторы, ЛКА),
Ғ.Б. Бақыт
(PhD докторы, ЛКА)
Е.Е. Баубеков
(т.ғ.д. доцент, ЛКА)
М.Ж. Арзаева
(э.ғ.к., ЛКА)
О.И. Чуркина
(ф.-м. ғ.к., ЛКА)
И.Т. Утепбергенов
(т.ғ.д., проф. ЛКА)
М.А. Липская
(т.ғ.к. доцент ЛКА)
А. Панаева - техникалық
редактор

Редакция мекен-жайы:
Қазақстан Республикасы,
050012, Алматы қ.,
Шевченко көшесі, 97.

Тел./факс: +7 (727) 292-
49-14, 292-44-85

E-mail: vestnik@alt.edu.kz
Сайт: vestnik.alt.edu.kz

| | |
|---|---------|
| Гимарат ішінде адамдар қозғалысын модельдеудің негізгі амалдары Е.Н. Амиргалиев, А.У. Калижанова, А.Х. Козбакова, Ж.Е. Амиргалиева, А.А. Астанаева..... | 102-111 |
| Механикалық және құрылыс конструкцияларының күйін бақылау үшін әртүрлі заманауи талшықты-оптикалық датчиктерді жобалау мен пайдаланудың қолданыстағы тәжірибесін талдау және зерттеу Ә. Қалижанова, Г. Қашағанова, А. Козбакова, Д. Еділхан, Ж. Амиргалиева, Ж. Оразбеков..... | 112-123 |
| Әлемдегі және Қазақстанда жаңа қуатты энергия көздерін пайдалану перспективаларын бағалау А.Р. Фазылова | 124-134 |
| Желдік турбина роторының құйынды тоқтарының параметрлерін есептеу А.Р. Фазылова | 134-141 |
| Желдік турбина роторының температураның параметрлерін есептеу А.Р. Фазылова | 141-149 |
| Заманауи экономика – кәсіби білім экономикасы Г. Қайратқызы, К. Жунисканқызы, Ж. Жанбирова..... | 150-156 |
| Қазақстан республикасы үшін аса жеңіл класты зымырандарды жобалау үшін ғылыми-технологиялық орталық құру Қосболов С.Б., Василевич П.С., Айтбаев Ғ.Қ., Оразалиев Е.Е..... | 157-164 |

Жекеменшік – «Логистика және көлік академиясы» АҚ

Тақырыптық бөлімдері

Көлік құрылыстарын жобалау, салу және пайдалану
Экология және өмір-тіршілік қауіпсіздігі
Жылжымалы құрам
Жол, құрылыс және көтергіш-көлік машиналары және автомобиль көлігі
Тасымалдау процесстерін асқару
Көліктегі логистика
Автоматика, телемеханика, байланыс, энергетика, ақпараттық жүйелер
Стандартизация, сертификация, метрология
Экономика және сапа менеджменті жүйесі
Әскери іс

Журнал Қазақстан Республикасы Мәдениет, ақпарат және спорт
министрлігінде қайта тіркеуден өткен
Куәлік № 6233-ж 17.08.2005 ж.

Индекс 75605
ISSN 1609-1817

АЛТ-ның Баспа орталығы
Заңды мекен-жайы: Алматы қаласы Алатау ықшам ауданы, Мирас
көшесі, 86 үй.

Нақты мекен-жайы: Алматы қаласы Мәуленов к-сі, 110

Баспаға қол қойылған күні 17.09.2021 ж. Тираж 500 дана.
Тапсырыс № 417

Научный журнал
издается
с января 2000 года.
Периодичность: 4 номера
в год

Редационный совет

С.Н. Амиргалиева
(Президент-ректор
Академии логистики и
транспорта, д.ф.-м.н.,
Казахстан),

В.Н. Глазков (к.т.н.,
доцент, Российский
университет транспорта
МИИТ, Россия), Ж.Т.
Нурсейтов (д.э.н., Вице-
президент по экономике
и финансам Акционерное
общество

Военизированная
железнодорожная
охрана, Казахстан),
А.В. Давыдов (д.э.н.,
проф., Сибирский
государственный
университет путей
сообщения, Россия),

А. Сладковский (д.т.н.,
проф., Силезский
технический
университет, Польша),
Кевин Бирн (PhD,

Президент Королевского
института логистики и
транспорта,
Великобритания),

Н.К. Игембаев (к.т.н.,
Вице-президент АО
"KTZ Express",
Казахстан),

Т. Болотбек (д.т.н., проф.,
КГУСТА, Кыргызстан),
О.Т. Шатманов (д.т.н.,
проф., КГУСТА,
Кыргызстан),

Дитрих Тесс (профессор,
Электротехнический
университет ЛЭТИ,
Саксония, Хемниц,
Германия),

Жунци Цао (PhD,
Инженер автомобильных
и железных дорог, JSTI
Group, Нанкин, Китай),
Грачев В.В. (д.т.н.,

ФГБОУ ВО ПГУПС,
Санкт-Петербург,
Россия), Джузеппе
Лопренсипе (PhD,

Инфраструктура и
транспорт, Сапиенца,
Римский университет -
гражданский факультет,
Италия, Рим),

Вуйцик В. (д.т.н., проф.,
Люблинская
политехника, Польша,
Люблинская обл.)

Шейх-Али А.Д. (к.ф.-м.н.,
Ph.D, корпоративный
металлург Leco
Corporation, Казахстан)

ВЕСТНИК №3 2021

Казахской академии транспорта и коммуникаций
имени М. Тынышпаева

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-------|
| Перспективы развития железнодорожного транспорта Казахстана Ж.С.Мусаев, М.Ж.Туркебаев, Р.К.Кибитова..... | 7-14 |
| Применение инерционного ротора нижней разгрузки на машинах, работающих в стесненных условиях К.А.Жусупов, А.Б.Нурсобетов, А.М.Куанышбаева, Н.Б.Енсегенов..... | 15-21 |
| Принципы эксплуатации и технологии высокоскоростной магистрали Е. Битигов, Д. Бекжанов, С. Бекжанова..... | 22-28 |
| Обеспечение безопасности движения поездов по высокоскоростной магистрали Д. Битигова, Д. Бекжанов, С. Бекжанова..... | 28-33 |
| Nanosatellite motion simulation for testing the sun sensor Y. Nurgizat..... | 34-42 |
| Технологические радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте Е.Б. Коянбеков, А.К. Оразымбетова, Д.А. Актайлакова..... | 43-52 |
| Анализ функциональных возможностей технологии DVB-MVDS А.Б. Матаева, М.А. Липская, М.А. Сайдахметов, А.К. Оразымбетова..... | 53-61 |
| Разработка локомотивной системы обнаружения препятствий Т.О. Чигамбаев, Н.М. Кусман | 61-65 |
| Мониторинг за тормозными башмаками с помощью радиомодуля LORA и GPS Т.О. Чигамбаев, С. А. Юсупова, С.Р. Қизатов..... | 65-71 |
| Исследование процесса производства меди с помощью микроорганизмов С.А. Юсупова, Т.О. Чигамбаев, А.А. Уалиев..... | 71-78 |
| Технология обогащения казахстанских медных руд – перспективы из прошлого опыта С.А. Юсупова, Т.О. Чигамбаев, А.А. Уалиев..... | 78-85 |
| Разработка и исследование БПЛА тип «Птица» Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев..... | 85-92 |

Редакционная коллегия

С.Н. Амиргалиева,
главный редактор (д.ф.-
м.н., профессор, АЛТ)
Махметова Н.М.
(д.т.н., проф. АЛТ)
М.Я. Квашинин
(к.т.н., доцент АЛТ)
С.С. Абдуллаев
(д.т.н., проф. АЛТ)
А.А. Мельдешов
(д.х.н., доцент АЛТ)
В.Г. Солоненко
(д.т.н., проф. АЛТ)
Н.А. Токмурзина
(к.т.н., доцент АЛТ)
Ж.С. Мусаев
(д.т.н., доцент АЛТ),
К.А. Жусупов
(к.т.н., доцент АЛТ)
С.Е. Бекжанова
(д.т.н., проф. АЛТ)
М.Н. Айкумбеков
(к.т.н., АЛТ)
Б.Б. Телтаев
(д.т.н., проф. АЛТ)
М.С. Изтелеуова
(д.т.н., проф. АЛТ)
А.Н. Нургулжанова,
(к.т.н., ассоц. проф. АЛТ)
А.Ж. Тойгожинова, (PhD,
АЛТ),
А.К. Оразымбетова,
(PhD, АЛТ),
Б.А. Онгар (PhD, АЛТ),
Ғ.Б. Бақыт (PhD, АЛТ),
Е.Е. Ваубеков
(д.т.н., доцент АЛТ)
М.Ж. Арзаева
(к.э.н., АЛТ)
О.И. Чуркина
(к.ф.-м.н., АЛТ)
И.Т. Утепбергенов
(д.т.н., проф. АЛТ)
М.А. Липская
(к.т.н., доцент АЛТ)
Панаева А.– технический
редактор

Адрес редакции:

Республика Казахстан,
050012, г. Алматы,
ул. Шевченко, 97.

Тел./факс: +7 (727) 292-
49-14, 292-44-85

E-mail: vestnik@alt.edu.kz
Сайт: vestnik.alt.edu.kz

**Конструкция беспилотного летательного аппарата
типа «Птица»**

Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев..... 92-102

**Основные подходы к моделированию движения
людей внутри зданий**

Е.Н. Амиргалиев, А.У. Калижанова, А.Х. Козбакова,
Ж.Е. Амиргалиева, А.А. Астанаева..... 102-111

**Анализ и исследование существующего опыта
проектирования и использования различных
современных волоконно-оптических датчиков для
контроля состояния механических и строительных
конструкций**

А.У. Калижанова, Г.Б. Кашаганова, А.Х. Козбакова,
Д. Едилхан, Ж.Е. Амиргалиева, Ж. Оразбеков..... 112-123

**Оценка перспективы использования возобновляемых
источников энергии в мире и Казахстане**

А.Р. Фазылова 124-134

**Расчет параметров датчика вихревого тока ротора
ветровой турбины**

А.Р. Фазылова 134-141

**Расчет параметров датчика температуры ротора
ветровой турбины**

А.Р. Фазылова 141-149

**Современная экономика – профессиональная
экономика образования**

Г. Қайратқызы, К. Жунисканқызы, Ж. Жанбирова..... 150-156

**Создание научно-технологического центра для
проектирования ракет сверхлегкого класса для
республики Казахстан**

Қосболов С.Б., Василевич П.С., Айтбаев Ғ.Қ., Оразалиев
Е.Е..... 157-164

Собственник – АО «Академия логистики и транспорта»

Тематическая направленность

Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений
Экология и безопасность жизнедеятельности

Подвижной состав

Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины и автомобильный
транспорт

Управление процессами перевозок

Логистика на транспорте

Автоматика, телемеханика, связь, энергетика, информационные системы

Стандартизация, сертификация, метрология

Экономика и система менеджмента качества

Военное дело

Журнал перерегистрирован в Министерстве культуры, информации и спорта
Республики Казахстан

Свидетельство № 6233-ж от 17.08.2005 г.

Индекс 75605

ISSN 1609-1817

Отпечатано в Издательском центре АЛТ

Юр. адрес: г. Алматы, мкр. Алатау, ул. Мираса, д.86.

Факт. адрес: г. Алматы, ул. Мауленова, 110

Подписано в печать 17.09.2021 г. Тираж 500 экз. Заказ № 417

Scientific Journal is being
published
since January, 2000.
Periodicity: 4 times a year

Editorial Council

S.N. Amirgalieva
(President-Rector of the
Academy of Logistics and
Transport, d.p.-m.s.,
Kazakhstan),
V.N. Glazkov (Candidate
of Technical Sciences,
Associate Professor,
Russian University of
Transport, MIIT, Russia),
J.T. Nurseytov (Doctor of
Economics, Vice President
for Economics and
Finance, Joint Stock
Company Paramilitary
Railway Guard,
Kazakhstan),
A.V. Davydov (Doctor of
Economics, Professor,
Siberian State University
of Railways, Russia),
A. Sladkovsky (Doctor of
Technical Sciences,
Professor, Silesian
Technical University,
Poland),
Kevin Byrne (PhD,
President Royal Institute of
Logistics and Transport,
Great Britain),
N.K. Igembayev (Ph.D.,
Vice-President of JSC
"KTZ Express",
Kazakhstan),
T. Bolotbek, Doctor of
Technical Sciences,
Professor, KGUSTA,
Kyrgyzstan),
O.T. Shatmanov (Doctor of
Technical Sciences,
Professor, KGUSTA,
Kyrgyzstan),
Dietrich Thess (Professor,
Electrotechnical University
LETI, Electronics, Saxony,
Chemnitz, Germany),
Rongji Cao (Ph.D., Road
and railway Engineer, JSTI
Group, Nanjing, China),
Grachev V. V. (Doctor of
Technical Sciences, FSUE
in PGUPS, St. Petersburg,
Russia),
Giuseppe Loprencipe (PhD
Infrastructure and
Transportation, Sapienza,
University of Rome -
Department of Civil, Italy,
Rome),
Wojcik W (Doctor of
Technical Sciences, Prof.,
Lublin Polytechnic, Lublin
region, Poland)
Sheikh-Ali A.D.(Ph.D.,
Ph.D., corporate
metallurgist Leco
Corporation, Kazakhstan)

The BULLETIN №3 2021

of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M.Tynyspayev

CONTENTS

| | |
|---|---------|
| Prospects for the development of railway transport in Kazakhstan | |
| J.S. Musayev, M.Zh. Turkebaev, R. Kibitova..... | 7-14 |
| Application of the inertial rotor of the lower unloading on machines operating in cramped conditions | |
| K.A. Zhussupov, A.M. Nursobetov, A.M. Kuanyshbaeva, N.B. Yensegenov..... | 15-21 |
| Operating principles and technologies of the high speed railways | |
| Y. Bitigov, D. Bekzhanov, S. Bekzhanova..... | 22-28 |
| Ensuring train safety on high-speed rail-highway | |
| D. Bitigova, D. Bekzhanov, S. Bekzhanova..... | 28-33 |
| Nanosatellite motion simulation for testing the sun sensor | |
| Y. Nurgizat..... | 34-42 |
| Technological radio networks for data exchange in railway transport | |
| E.B. Koyanbekov, A.K. Orazymbetova, D.A. Aktailakova.... | 43-52 |
| The analysis of the functionality of the technology DVB-MMDS | |
| A.B. Matayeva, M.A. Lipsky, M.A. Saidahmetov, A.K. Orazymbetova..... | 53-61 |
| Development of a locomotive obstacle detection system. | |
| T.O. Chigambaev, N.M. Kusman, | 61-65 |
| Brake shoe monitoring with LORA radio and GPS | |
| T.O. Chigambaev, S.A. Yusupova, S.R. Kizатов..... | 65-71 |
| Research of the process of copper production with the help of microorganisms. | |
| S.A. Yusupova, T.O. Chigambaev, A.A. Ualiyev..... | 71-78 |
| Processing technology of Kazakhstan copper ore - prospects from past experience. | |
| T.O. Chigambaev, S.A. Yusupova, A.A. Ualiyev..... | 78-85 |
| Development and research of unmanned aerial vehicle of the «Bird» type | |
| T.O. Chigambaev, Y.Y. Zhexenbayev..... | 85-92 |
| Design of a «Bird» type unmanned aerial vehicle | |
| T.O. Chigambaev, Y.Y. Zhexenbayev..... | 92-102 |
| Basic approaches to modeling the motion of people inside buildings | |
| Y. Amirgaliyev, A. Kalizhanova, A. Kozbakova, Zh. Amirgaliyeva, A. Astanayeva..... | 102-111 |

Editorial Staff

S.N. Amirgalieva,
Editor in chief
(d.p.-m.s., professor, ALT)
N. M. Makhmetova
(d.t.s., professor ALT)
M. Ya. Kvashnin
(d.t.s., docent ALT)
S. S. Abdullaev
(d.t.s., professor ALT)
A.A. Meldeshov
(d. ch.s., docent ALT)
V.G. Solonenko
(d.t.s., professor ALT)
N.A. Tokmurzina
(c.t.s., docent ALT)
Zh. S. Musaev
(d.t.s., docent ALT)
K.A. Zhusupov
(c.t.s., docent ALT)
S.E. Bekzhanova
(d.t.s., professor ALT)
M.N. Aykumbekov
(c.t.s., ALT)
B. B. Teltaev
(d.t.s., professor ALT)
M.S. Izteleuova
(d.t.s., professor ALT)
A. N. Nurgulzhanova
(PhD, ass. professor ALT)
A. Zh. Toigozhinova (PhD,
ALT)
A. K. Orazymbetova
(PhD, ALT)
B. Ongar,
(PhD, ALT)
G. B. Bakyt,
(PhD, ALT)
E.E. Baubekov
(d.t.s., docent ALT)
M. Zh. Arzaeva
(c.ec.s., ALT)
O.I. Churkina
(c.p.-m.s., ALT)
I. T. Utepbergenov
(d.t.s., docent ALT)
M.A. Lipskaya
(c.t.s., ALT)
A.Panaeva – editorial
secretary

Editorial address:
Republic of Kazakhstan,
050012, Almaty,
Shevchenko Street, 97.

Tel. / fax: +7 (727) 292-49-
14, 292-44-85

E-mail: vestnik@alt.edu.kz
Website: vestnik.alt.edu.kz

Analysis and research of the existing experience in the design and use of various modern fiber-optic sensors for monitoring the condition of mechanical and building structures

A. Kalizhanova, G. Kashaganova, D. Edilkhan, Zh. Amirgalieva, Zh. Orazbekov..... 112-123

Assessment of the prospect for the use of renewable energy sources in the world and Kazakhstan

A.R. Fazylova..... 124-134

Calculation of the parameters of the wind turbine rotor eddy current sensor

A.R. Fazylova..... 134-141

Calculation of the parameters of the wind turbine rotor temperature sensor A.R.

Fazylova..... 141-149

Modern economy-professional economics of education

G. Kairatkyzy, K. Zhuniskankyzy, Zh. Zhanbirov..... 150-156

Creation of a scientific and technological center for the design of ultralight missiles for the republic of Kazakhstan

Kosbolov S. B., Kosbolov S.B., Aitbayev G.K., Orazaly Y. Y..... 157-164

Proprietary – JSC «Academy of Logistics and Transport»

Thematic focus

Design, construction and operation of transport facilities
Ecology and life safety
Rolling equipment
Road, construction and lifting vehicles and road transport
Transportation process management
Transport logistics
Automation, telemechanics, communications, power, information systems
Standardization, certification, metrology
Economics and quality management system
Military science

Journal is re-registered in the Ministry of Culture, Information and Sport
of Republic of Kazakhstan
Certificate № 6233-zh dated 17.08.2005.

Index 75605

ISSN 1609-1817

Publishing center ALT

Legal address: Almaty, md.Alatau, Mirasst., D.86.
Actual address: Almaty, 110 Maulenov st.

Signed to print: 17.09.2021. Circulation: 500 copies. Order № 417

**ЖЫЛЖЫМАЛЫ ҚҰРАМ
ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ
ROLLING STOCK**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.7-14

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT
OF RAILWAY TRANSPORT IN KAZAKHSTAN**

Musayev Janat Sultanbekovich, Doctor of Technical Sciences, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, m.zhanat@alt.edu.kz

Turkebaev Mukangali Zhambulovich, Cand.Sci.(Eng.), Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, t.mukangali@alt.edu.kz

Rita Kibitova, Cand.Sci.(Eng.), Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, r.kibitova@alt.edu.kz

Abstract. Kazakhstan occupies the ninth largest territory in the world, and in these conditions, transport becomes the only way to overcome significant distances between regions, this applies to both freight transport and passenger transport. Historically, the country has no access to the seas and oceans, except for the Caspian Sea, and as a result, the main share of all traffic is accounted for by land transport.

The needs of the development of the economy of Kazakhstan, the intensification of the republic's participation in integration associations imply the implementation of effective measures that will create conditions for the timely adaptation of railway transport to the development of market relations, participation in international transit transport. The implementation of such measures requires significant investments, an appropriate level of state regulation and corporate governance, as well as training of specialists who are familiar with modern international technologies and rules of transportation organization.

The average speed on the Kazakh railways is 50 km / h, in Russia this indicator is 70 km/h, in China - 90 km/ h, with an increase in the speed of movement on the Kazakh railways to 100 km / h, the cargo turnover will automatically double.

With the increasing potential of Kazakhstan as a transit corridor, as well as its central position on the Asia-EU route, the country is an ideal place to create a market for transport services such as rolling stock rental, logistics solutions and cargo transportation.

Keywords: railway transport, railway engineering, development directions, railway transportation, transit potential

УДК 656.2

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-7-14

Ж.С.Мусаев, М.Ж.Туркебаев, Р.К.Кибитова
Академия логистики и транспорта, г.Алматы, Казахстан

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА КАЗАХСТАНА**

Аннотация. Казахстан занимает девятое место по площади территории в мире, и в данных условиях транспорт становится единственным способом преодоления значительных расстояний между регионами, это касается как грузовых перевозок, так и перевозок пассажиров. Исторически сложилось так, что страна не имеет выхода к морям и

океанам, кроме Каспийского, и как результат - основная доля всех перевозок приходится на сухопутные виды транспорта.

Потребности развития экономики Казахстана, интенсификация участия республики в интеграционных объединениях предполагают проведение эффективных мер, которые позволят создать условия для своевременной адаптации железнодорожного транспорта к развитию рыночных отношений, участию в международных транзитных перевозках. Реализация подобных мероприятий требует привлечения значительных инвестиций, соответствующего уровня государственного регулирования и корпоративного управления, а также подготовки специалистов, владеющих современными международными технологиями и правилами организации перевозок, железнодорожный транспорт, железнодорожное машиностроение, направления развития, железнодорожные перевозки, транзитный потенциал.

Как показывает практика, средняя скорость на казахстанских железных дорогах составляет 50 км/ч, в России этот показатель равен 70 км/ч, в Китае - 90 км/ч, при увеличении скорости движения на казахстанских железных дорогах до 100 км/ час, грузооборот автоматически вырастет в два раза.

В статье показано, что с увеличением возможностей Казахстана в качестве транзитного коридора, а также его центральное положение на маршруте Азия - ЕС делают страну идеальным местом для создания рынка транспортных услуг, таких как прокат подвижного состава, логистические решения и перевозка грузов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, железнодорожное машиностроение, направления развития, железнодорожные перевозки, транзитный потенциал

Транспорт является важной отраслью экономической и политической жизни нашей страны. Большая территория Казахстана, низкая плотность населения, отдаленность населенных пунктов друг от друга, возрастающие процессы интеграции и глобализации во всем мире делают ее одним из приоритетных направлений развития и в нашей стране.

Значительную привлекательность для Казахстана представляет предложенный Китаем проект «Один пояс - один путь», целью которого является развитие более тесных экономических связей между Азией и Европой, углубление сотрудничества и расширение точек развития в евразийском регионе [1]. Основные маршруты экономического пояса Шелкового пути ведут:

1) из Китая через Центральную Азию, Россию до Европы /до Балтийского моря/.

2) из Китая через Центральную Азию и Западную Азию до Персидского залива и Средиземного моря.

3) из Китая в Юго-Восточную Азию, в Южную Азию к Индийскому океану.

Таким образом, этот проект наземного пути, который свяжет китайские промышленные районы через территории Центральной Азии, России, Кавказа, Турции с немецкими речными и морскими портами, а оттуда и со всей Европой, предоставляет Казахстану возможность вновь стать ключевым регионом, связывающим глобальную торговлю.

Современные рыночные и геополитические тенденции обещают возродить древние артерии. Это самая большая возможность для роста, которая выпала Казахстану после обретения независимости.

Крупнейшими заинтересованными сторонами в стране являются национальные компании, которым за предстоящие годы необходимо обеспечить свою готовность к поддержке огромных объемов транзита через страну.

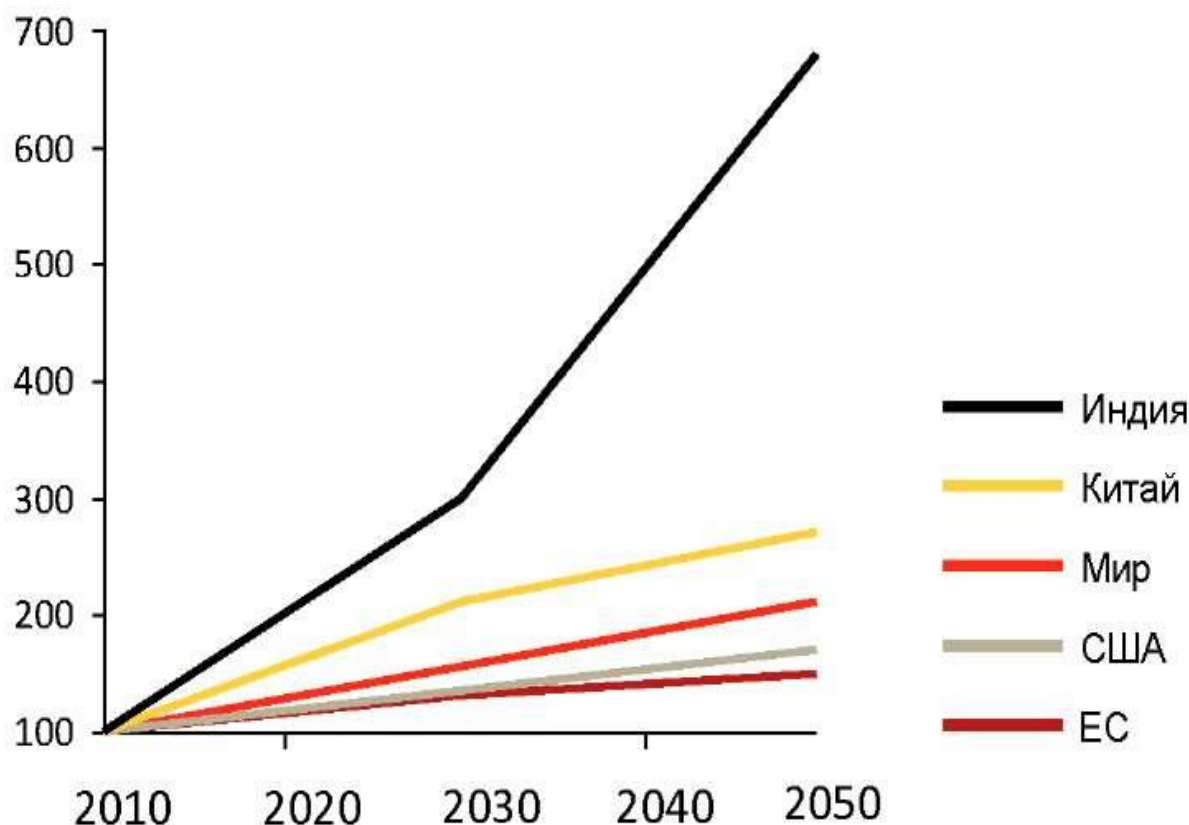
Потребности казахстанской экономики, интенсификация участия республики в интеграционных

объединениях предполагают проведение действенных мер, позволяющих создать условия для адекватной адаптации железнодорожного транспорта к развитию рыночных отношений, участию в международных транзитных перевозках. Это требует привлечения инвестиций, соответствующего уровня государственного регулирования и корпоративного управления, а также подготовки кадров, владеющих современными международными технологиями и правилами организации перевозок.

Актуальность реализации данного мегапроекта наглядно показывает активный торговый баланс Китая с ЕС и мировую тенденцию роста грузовых перевозок (Рисунок 1).

В то же время, отсутствие скоростных железных дорог не позволяет

железнодорожному транспорту Казахстана выйти на новый уровень развития, т.к. существует прямая зависимость между темпами развития казахстанской экономики и наличием в стране современной разветвленной железнодорожной сети. В настоящее время средняя скорость на казахстанских железных дорогах составляет 50 км/ч. Для сравнения, в России этот показатель равен 70 км/ч, Китае - 90 км/ч. Если увеличить скорость движения на казахстанских железных дорогах до 100 км/ час, то грузооборот автоматически вырастет в два раза. Наличие скоростной железнодорожной сети - признак перехода страны из категории развивающихся в категорию развитых стран мира. То есть высокая скорость на железных дорогах даст Казахстану не только экономический, но и политический эффект.



Источник: Международное энергетическое агентство

Figure 1 – Dynamics of growth in demand for freight transportation in the world

Рисунок 1 – Динамика роста спроса на грузовые перевозки в мире

В настоящее время 16 стран Центральной и Восточной Европы присоединились к проектам «Нового экономического Шелкового пути» и «Морского шелкового пути XXI века». Это свидетельствует о том, что европейские страны все больше начинают проявлять интерес к Китаю как мировому экономическому лидеру. Они также заинтересованы в открытии новых рынков сбыта европейских товаров и услуг в Азиатско-Тихоокеанском регионе. По мнению разных экспертов, экономистов, объем внешней торговли между Китаем и Европейским Союзом уже сегодня превысил 1 трлн. долл. США.

Кроме того, Китай заинтересован в осуществлении перевозки товаров из Японии, Кореи и стран Юго-Восточной Азии (ЮВА) в Европу, которые вызовут дополнительный рост грузопотоков на 350-400 млрд. долл. США, причем до 20% этих потоков будут проходить через территорию Казахстана, что позволит нам получать больше доходов от транзита [2].

Для Казахстана, расположенного в центре крупнейшего Евразийского континента, невозможно переоценить важность реализации транзитного потенциала страны, учитывая, что через Казахстан проходит шесть железных и 11 автомобильных дорог. Шелковый путь формирует условия для выхода Центральной Азии из транспортной изоляции, связанной с отсутствием прямого выхода к основным морским торговым путям между Западом и Востоком, и в будущем соединит ее с крупными международными портами.

Единая транспортная стратегия Китая («Большой скачок»), программа ускоренного развития западных провинций КНР «Go West» предусматривают реализацию крупных транспортных инфраструктурных проектов, включая строительство железнодорожных линий в зоне свободной торговли «Хоргос». В настоящее время товарооборот между ЕС и Китаем имеет тенденцию постоянного роста и к 2020 году он должен достигнуть 800 млрд. долл. США.

При этом доля грузоперевозок между Китаем и Европой увеличится до 170 млн. тонн [3]. Особое значение при этом приобретает развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта, который представляет собой удобный, безопасный, гибкий и природосберегающий вид транспорта. Его экологические характеристики и социально-экономические эффекты соответствуют целям транспортной и региональной политики как в Европе, так и в Китае. Сейчас общая протяженность высокоскоростных железных дорог в мире достигает порядка 38 тыс. км. Стоит отметить, что лидерами в области высокоскоростных перевозок являются страны Азии: Китай и Япония.

На долю КНР в настоящее время приходится около 65% всех высокоскоростных дорог. Из 127 тыс. км общей протяженности железных дорог Китая, 29 тыс. км – высокоскоростные. В свою очередь общая протяженность высокоскоростных линий в странах ЕС уже превышает 9 тыс. км, и сеть эта продолжает расширяться, так как ведется строительство еще около 1600 км высокоскоростных железных дорог.

В Казахстане удельный вес скоростных сообщений в общем объеме железнодорожных перевозок пока незначителен. Однако, динамично развивающаяся экономика Китая и его основной торговый партнёр ЕС создают предпосылки для развития транзита через Казахстан, имеющего ряд преимуществ перед другими транспортными маршрутами, а именно:

- Сокращение скорости и расстояния от производителя к потребителю из стран Азии в страны Европы. В отличие от морского маршрута в этом направлении, где груз находится в пути 35-40 дней, время доставки сухопутным путём сокращается в 2-3 раза.

- Стабильная политическая ситуация и благоприятный инвестиционный климат в стране.

Развитие ЕАЭС позволило создать единую таможенную границу между

Китаем и странами ЕС, что облегчает процедуры таможенного оформления.

По данным МИИР РК, только за 5 месяцев 2019 года транзитные контейнерные перевозки через Казахстан выросли в полтора раза, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, составив 240 тысяч контейнеров. До конца года их объем планируется довести до уровня не менее 18 млн. тонн, в том числе 1 млн. 240 тысяч контейнеров [4]. С этой целью АО «Объединенная транспортно-логистическая компания - Евразийский железнодорожный альянс» (ОТЛК ЕРА - совместное предприятие железных дорог Казахстана, Беларуси и РФ) вместе с китайским логистическим оператором Lanzhou Anting PIL Logistics договорились объединить усилия по привлечению новых грузоотправителей на железные дороги пространства 1520 мм.

Также растут и железнодорожные перевозки по Транскаспийскому международному транспортному маршруту (ТМТМ). Так, постоянные члены международной логистической ассоциации ТМТМ заключили договор об организации железнодорожных перевозок в Казахстане контейнерами через каспийские порты Актау и Баку.

Так, Казахстаном по программе «Нұрлы жол» с 2015 года модернизировано и введено в эксплуатацию более 2,5 тысяч км железных дорог [5]. Только в 2018 году из порта Ляньюньган (Китай) проследовало 6 300 поездов, из них 57% - по территории Казахстана.

В тестовом режиме 5 июля текущего года запущены смешанные железнодорожно-воздушные перевозки грузов по маршруту Китай - Казахстан - Турция [6]. По данным агентства Синьхуа, на китайско-казахстанской международной логистической базе в порту Ляньюньган (провинция Цзянсу, Восточный Китай) состоялась погрузка контейнерного состава, отправка которого ознаменовала собой начало прямых железнодорожно-воздушных перевозок грузов по маршруту Китай - Казахстан -

Турция. Транзитное время при этом сокращается на 1 неделю.

Строительство железнодорожных линий и стратегических автомобильных дорог к зоне свободной торговли «Хоргос» по направлению «Восток-Запад», в рамках единой транспортной стратегии Китая «Большой скачок») и программы развития западных провинций КНР, а также железной дороги «Узень - Берекет - Горган», позволят сократить маршрут транзитных поездов в направлении «Север - Юг» на 600 км и тем самым открывают для Казахстана прямой сухопутный выход в Персидский залив, что придаст импульс увеличению транзитных перевозок через Казахстан [7].

Представители железнодорожных администраций РК и КНР договорились усилить работу по организации перевозок, обеспечив пропуск через Достык - Алашанькоу по узкой колее ежедневно не менее 10 поездов, по широкой - 14, через Алтынколь - Хоргос по узкой колее - не менее 12 поездов в сутки, по широкой - не менее 4. Новые транспортные проекты позволят Казахстану за счет интеграции с существующими транспортными коридорами, в том числе китайским «Один пояс - Один путь», получить доступ к морским портам мирового рынка и рассчитывать на увеличение объема транзитного грузопотока, по мнению разных экспертов, до 8% общего товарооборота между Китаем и Европейским союзом.

Однако, введение скоростного движения поездов в республике уже ограничивается параметрами существующих железных дорог и не столько профилем, сколько планом пути. Требуется переустройство круговых кривых. Так, для достижения максимальной скорости 120 км/час нужно переустроить 12,5% кривых, 140 км/час - около 80%, и 160 км/час - почти 100% кривых [8].

Казахстаном вложены значительные инвестиции в «Хоргос - Восточные ворота», сухой порт на восточной границе с Китаем, где на сегодня зарегистрировано

79 участников и ведется налаживание производства. COSCO Shipping, один из крупнейших в мире поставщиков логистических услуг, и Lianyungang Port Holdings Group недавно приобрели доли в этом проекте, тем самым сделав его транснациональным, и предоставив казахстанской стороне возможность выиграть от огромного опыта партнёров.

Другие значительные инвестиции включают железную дорогу Шалкар-Бейнеу, Жезказган-Саксаульскую железную дорогу и Курыкский порт. В результате увеличение коридоров и пропускной способности укрепит роль Казахстана как транзитного региона. По оценкам Акционерного общества «Фонд национального благосостояния «Самрук-Казына», инвестиции в инфраструктуру будут ежегодно вносить вклад в экономическое развитие Казахстана на уровне 0,1-0,2% в течение следующего десятилетия.

Выводы.

Сектор железнодорожного машиностроения в Казахстане имеет огромный потенциал, в виду наличия значительных железнодорожных сетей, а также транзитного месторасположения между Европой и Азией.

В то же время фактическое исчерпание резервов пропускной способности железных дорог Казахстана

требует создания выделенных линий для организации высокоскоростного движения пассажирских и ускоренного движения грузовых поездов – высокоскоростных магистралей.

В настоящий момент в отрасли, несмотря на постоянно растущее значение транспортной отрасли в экономике страны и реализацию крупных международных железнодорожных проектов, наблюдается значительный спад производства продукции железнодорожного машиностроения. Согласно данным АО «НК «КТЖ» это обусловлено неблагоприятными тенденциями сокращения спроса на основную номенклатуру казахстанского экспорта на основных международных рынках, снижение объемов торговли в регионе.

В этой связи в данном аспекте весьма актуален вопрос диверсификации выпускаемой продукции. В связи с чем, предприятиям необходимо предусматривать выпуск новой продукции комплектующих, применяемых в производстве тепловозов, электровозов, грузовых и пассажирских вагонов с учетом их эксплуатации в условиях высокоскоростных железных дорог, а также их дальнейшего сервисного обслуживания на базе действующего или модернизированного производства.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Омаров А.Д., Мусаев Ж.С. и др. Анализ состояния и тенденции развития перевозок на железнодорожном транспорте стран ЕАЭС Промышленный транспорт Казахстана, 2021. - №1 (70). - С. 77 – 86.
- [2] Алексеенкова Е.С. Перспективы развития проекта ЕАЭС к 2025 году // Российский совет по международным делам. – М.: НП РСМД, 2017. – 92 с.
- [3] Транспорт в Республике Казахстан 2015-2019: стат. сб. М.: МНЭ, Комитет по статистике, 2020. – 63 с.
- [4] Транспортная отрасль Казахстана: Обзор транспортной отрасли Казахстана, М.: Алматы, Haluk Finance, 2019. - 24 с
- [5] Анализ рынка железнодорожных пассажирских перевозок в Казахстане в 2015-2019 гг, оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020-2024 гг. М.: BusinesStat, 2020 г. - 26 с.
- [6] Анализ рынка железнодорожных грузовых перевозок в Казахстане в 2015-2019 гг, оценка влияния коронавируса и прогноз на 2020-2024 гг. М.: BusinesStat, 2020 г. - 30 с.

[7] Анализ влияния внешнеэкономических факторов на развитие транзитных перевозок на территории ЕАЭС // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. №1. С.419-425.

[8] Железнодорожное машиностроение Казахстана: бизнес отчет 2021. 21.01.2021, 50 стр., ВАС Reports.

REFERENCES

[1] Omarov A.D., Musaev J.S. *Analiz sostoyaniya i tendencii razvitiya perevozok na jeleznodorojnom transporte stran EAES* [In Russian: Analysis of the state and development trends of rail transport in the EAEU countries]: Almati: Industrial transport of Kazakhstan, 2021. - No. 1 (70). - S. 77 - 86.

[2] Alekseenkova E.S. *Perspektivi razvitiya proekta EAES k 2025 godu* [In Russian: Prospects for the development of the EAEU project by 2025]: М.: NP RSMD, 2017. - 92 p.

[3] *Transport v Respublike Kazahstan 2015-2019* [In Russian: Transport in the Republic of Kazakhstan 2015-2019] stat. Sat. М.: MNE, Committee on Statistics, 2020. - 63 p..

[4] *Transportnaya otrasl Kazahstana-Obzor transportnoi otrasli Kazahstana* [In Russian: Transport Industry in Kazakhstan: Overview of the Transport Industry in Kazakhstan] М.: Almaty, Halyk Finance, 2019- 24 p.

[5] *Analiz rinka jeleznodorojnih passajirskih perevozok v Kazahstane v 2015-2019 gg - oценка vliyaniya koronavirusa i prognoz na 2020-2024 gg.* [In Russian: Analysis of the rail passenger transportation market in Kazakhstan in 2015-2019, assessment of the impact of coronavirus and forecast for 2020-2024.] М.: Almaty, BusinesStat, 2020. - 26 p.

[6] *Analiz rinka jeleznodorojnih gruzovih perevozok v Kazahstane v 2015-2019 gg - oценка vliyaniya koronavirusa i prognoz na 2020-2024 gg.* [In Russian: Analysis of the rail freight transportation market in Kazakhstan in 2015-2019, assessment of the impact of coronavirus and forecast for 2020-2024.] М.: Almaty, BusinesStat, 2020. - 30 p.

[7] *Analiz vliyaniya vneshneekonomicheskikh faktorov na razvitie tranzitnih perevozok na territorii EAES* [In Russian: Analysis of the influence of external economic factors on the development of transit traffic on the territory of the EAEU] // Vestnik VSUIT. 2020. Vol. 82. No. 1. P.419-425

[8] *Jeleznodorojnoe mashinostroenie Kazahstana_ biznes otchet 2021* [In Russian: Railway Engineering in Kazakhstan: Business Report 2021] 21.01.2021, 50 p., ВАС Reports

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА КАЗАХСТАНА

Мусаев Жанат Султанбекович, д.т.н., Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, m.zhanat@alt.edu.kz

Туркебаев Мукангали Жамбулович, к.т.н., Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан,, t.mukangali@alt.edu.kz

Кибитова Рита Куримбаевна, к.т.н., Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, r.kibitova@alt.edu.kz

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТЕМІРЖОЛ КӨЛІГІН ДАМУ ТУРАЛЫ

Мусаев Жанат Султанбекович, т.ғ.д., Логистика және көлік академиясы, m.zhanat@alt.edu.kz

Туркебаев Мукангали Жамбулович, т.ғ.к., Логистика және көлік академиясы, t.mukangali@alt.edu.kz

Кибитова Рита Куримбаевна, т.ғ.к., Логистика және көлік академиясы, r.kibitova@alt.edu.kz

Андатпа. Қазақстан әлемдегі аумақтар қатынасында тоғызыншы орын алады, және осы жағдайда көліктер өңірлер арасындағы едәуір қашықтықты еңсерудің жалғыз әдісі болып табылады, бұл жүк көлігі мен жолаушылар тасымалдарына да қатысты. Тарихи тұрғыдан алғанда, елде теңіздер мен мұхиттарға, сондай-ақ, Каспийден басқа, барлық көліктің негізгі үлесі көлік түрлеріне түседі.

Қазақстан экономикасын дамыту қажеттіліктері, республиканың интеграциялық бірлестіктерге қатысуын жандандыруға, теміржол көлігін нарықтық қатынастардың дамуына, халықаралық транзиттік тасымалдауға уақтылы бейімдеу үшін жағдай жасайтын тиімді шаралар қолданады. Мұндай іс-шараларды іске асыру мемлекеттік реттеу және корпоративтік басқару деңгейіне, сондай-ақ заманауи халықаралық технологиялар мен тасымалдауды ұйымдастыру ережелеріне сәйкес келетін маңызды инвестицияларды тартуды талап етеді.

Тәжірибе көрсеткендей, Қазақстан темір жолдарындағы орташа жылдамдық - 50 км/сағ, Ресейде бұл көрсеткіш 70 км/сағ құрайды, бұл көрсеткіш, Қытайда - 90 км/сағ құрайды, бұл Қазақстан темір жолдарындағы қозғалыс жылдамдығымен 100 км/сағ құрайтын болса, жүк айналымы екі есе өсуді көрсетеді.

Мақалада Қазақстанның транзиттік дәлізі ретіндегі мүмкіндіктері, сондай-ақ оның Азия-ЕО бағыты бойынша орталық ұстанымымен жылжымалы құрам, логистикалық шешімдер сияқты көлік қызметтері нарығын құру үшін мінсіз орын алатындығын көрсетеді және жүк тасымалы.

Түйінді сөздер: теміржол көлігі, теміржол машина жасау, даму бағыттары, теміржол көлігі, транзиттік әлеует

**ЖОЛ, ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ КӨТЕРГІШ-КӨЛІК МАШИНАЛАРЫ ЖӘНЕ
АВТОМОБИЛЬ ТРАНСПОРТЫ
ДОРОЖНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ И
АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ
ROAD, CONSTRUCTION AND LIFTING AND TRANSPORT VEHICLES AND ROAD
TRANSPORT**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol.8, No.3 (2021) pp. 15-21

**APPLICATION OF THE INERTIAL ROTOR OF THE LOWER UNLOADING ON
MACHINES OPERATING IN CRAMPED CONDITIONS**

Zhussupov Kenes Amirlovich, candidat of technical Sciences, associate Professor, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Nursobetov Alisher Bigalievich, master, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, nalfarabi@inbox.ru

Kuanyshbaeva Asela Mukhtarovna, master, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, kuanyshbaeva.asel@gmail.com

Yensegenov Nuraly Baynazarovich, master, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, nuraly.ens@gmail.com

Abstract. The paper provides a brief overview of the working bodies of loaders, a new principle of bulk material intake is selected and a small mechanization machine for loading and unloading and transport and storage operations is developed. The advantages of the new inertial rotor from the working bodies of the traditional design are shown. The features of the use of inertial rotors are considered and the ways of mastering continuous excavating and transport machines for loading and transport operations are indicated.

Almost complete mechanization of bulk materials transshipment in cramped conditions with a reduction in labor and energy costs is achieved by a new method of excavation work "from top to bottom" with inertial rotors, followed by the use of continuous transport means. The creation of equipment (complexes) for the in-line production of loading and unloading and transport and storage operations in cramped conditions with the maximum elimination of heavy manual labor is an urgent task. To solve this urgent problem, the authors proposed a rotary transport complex for unloading bulk materials from wagons, warehouses and other cramped conditions. It is based on the use of a fundamentally new working body – bucket-free or bucket rotors with inertial unloading of the excavated material in the lower position. The rotary transport complex consists of a single-axis intake machine and a single-axis reloading conveyor. These two machines can work independently and in a joint arrangement.

The inertial rotor with lower unloading allows you to create a small-sized, maneuverable and light-weight equipment for working in cramped conditions, and the analysis of its calculated indicators clearly confirms the high efficiency of introducing a new method of conducting excavation work into production. This is of great importance, since these problems are one of the most promising technical tasks.

Key words: bucket and bucket-free rotor, inertial rotor, small-scale mechanization machine, loading and unloading and transport and storage operations.

УДК 621.879

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-15-21

К.А.Жусупов, А.Б.Нурсобетов, А.М.Куанышбаева, Н.Б.Енсеменов
Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННОГО РОТОРА НИЖНЕЙ РАЗГРУЗКИ НА МАШИНАХ, РАБОТАЮЩИХ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В работе проведен краткий обзор по рабочим органам существующих самоходных механических разгрузчиков, таких как МВС и МГУ, выбран новый принцип забора сыпучего материала и разработана машина малой механизации для погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ. Показаны преимущества нового инерционного ротора в сравнении с рабочими органами традиционного исполнения. Рассмотрены особенности применения инерционных роторов и указаны пути освоения экскавационно-транспортных машин непрерывного действия для погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ.

Ключевые слова: ротор ковшовый и бесковшовый, инерционный ротор, машина малой механизации, погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские работы.

Актуальность работы. Погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские (ПРТС) работы являются одним из распространенных технологических процессов, широко применяемых во всех отраслях современного производства, поэтому в настоящее время в странах СНГ заметно расширилось производство специальных транспортных, погрузочно-разгрузочных машин и устройств, улучшилась организация складских хозяйств на предприятиях, поднялся уровень комплексной механизации трудоемких и тяжелых работ.

Одним из трудоемких процессов погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ является перегрузка сыпучих материалов, которая ведется в основном ручным способом, особенно, из труднодоступных стесненных мест (вагоны, суда, склады и т.д.). Уровень механизации перегрузки насыпных материалов весьма низок, а доля ручного труда этих работ составляет почти половину от общего объема. Эта проблема еще более усугубляется со слежавшимися сыпучими материалами и их перегрузка сопряжена с дополнительными затратами [1].

Практически полная механизация перегрузки насыпных материалов в стесненных условиях со снижением

трудовых и энергетических затрат достигается новым способом экскавационных работ «сверху вниз» инерционными роторами с последующим использованием средств непрерывного транспорта. Создание техники (комплексов) поточного производства ПРТС работ в стесненных условиях с максимальной ликвидацией тяжелого ручного труда является актуальной задачей.

Результаты исследования. Для решения этой актуальной задачи авторами предложен роторно-транспортный комплекс (РТК) для выгрузки сыпучих материалов из вагонов, складов и других стесненных условий. РТК основан на применении принципиально нового рабочего органа - ковшового или бесковшового роторов с инерционной разгрузкой экскавируемого материала (ЭМ) в нижнем положении. Ротор снабжен двумя (тремя) рядами режуще-транспортных элементов (РТЭ), выполненных в виде ножей, которыми срезается ЭМ при вращении инерционного ротора (ИР) «сверху вниз». Срезанный материал обрушается, подхватывается и транспортируется парными режущими элементами (ЭР) по поверхности разрабатываемого слоя и лотку, а затем под действием центробежных, массовых и

инерционных сил выбрасывается на конвейер по ходу движения его ленты. Кроме того, рабочий процесс копания, осуществляемый «сверху вниз» косым резанием с обрушением ЭМ и подачей его на ленту конвейера с начальной скоростью, также способствует снижению удельных энергозатрат транспортировки. Возможность использования массы машины в рабочем процессе копания, при жесткой подвеске рабочего оборудования, подтверждает возможность разработки слежавшихся насыпных материалов.

Как показал анализ большинства пунктов перевозки зерновых и других разнообразных сыпучих грузов, основными средствами механизации ПРТС работ являются самоходные механические разгрузчики МВС-4М, МГУ, машины со скребково-конвейерными, ковшово-фрезерными, пневматическими и другими разнообразными заборно-транспортными рабочими устройствами.

Действующие в настоящее время машины и комплексы по своим технико-технологическим параметрам не соответствуют современным требованиям ПРТС работ вследствие недостаточно высокой производительности и низкой эксплуатационной эффективности, практически непригодности к успешному проведению перегрузочных процессов в стесненных условиях и, в частности, выгрузки насыпных материалов из крытых железнодорожных вагонов, поставляемых навалом. Поэтому создание и применение техники с новыми высокопроизводительными инерционными роторами, как показали предшествующие экспериментальные исследования, является проблемой дня и перспективой создания нового направления техники для ПРТС работ [2].

ИР представляет собой обечайку, на которой располагаются два или три ряда ножей, установленных под углом к ее образующей (Рис.1).

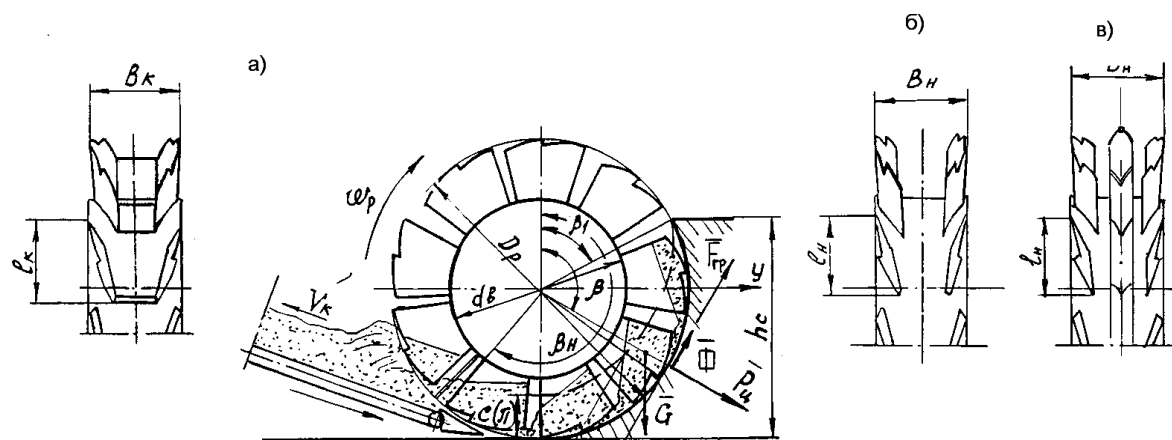


Figure 1 - Schemes of bucket (a) and bucket-free (b and c) inertial rotors for excavating bulk (b) and dense (c) materials

Рисунок 1 - Схемы ковшового (а) и бесковшового (б и в) инерционных роторов для экскавации насыпных (б) и плотных (в) материалов

Создание техники непрерывного действия с ИР обеспечит:

- резкое повышение производительности за счет возможности применения повышенных скоростей копания и высокой транспортной способности ИР (повышенной высоты РТЭ ротора);

- снижение удельных энергозатрат копания, вследствие использования косого резания с обрушением ЭМ и возможности вложения массы ИР, рабочего оборудования или всей машины (при жесткой подвеске рабочего оборудования) в процесс копания;

- снижение массы экскавационно-погрузочной машины (ЭПМ) с ИР, так как можно использовать ротор меньших размеров и массы, а также наличия реактивной силы копания в обратном направлении, что способствует также снижению опрокидывающего момента и обеспечивает большую устойчивость машины;

- понижение удельных транспортных энергозатрат непрерывного действия, так как материал подается на эти средства с начальной скоростью;

- возможность разрабатывать плотные и крепкие породы без буровзрывной подготовки, а также слежавшиеся сухие, увлажненные материалы, что определяется процессом копания и бесковшовой конструкцией РТЭ ротора и другие [3].

Все эти основные достоинства ИР говорят о целесообразности и высокой эффективности использования ИР на разнообразной экскавационно-транспортной технике в различных

отраслях производства, а также на ПРТС работах, применительно как к мощным комплексам, так и к машинам малой механизации.

Установлено, что наиболее перспективными являются ИР, конструкция и технология рабочих процессов которого имеет ряд преимуществ, указанные выше. В рабочем процессе ИР четко разграничиваются процессы резания и копания грунтов (пород), т.е. процесс резания косо установленными ножами с обрушением, транспортном и последующей выгрузкой ЭМ на ленту конвейера. Поэтому авторами предложена новая конструкция роторно-транспортного комплекса (РТК) для комплексного забора и полной выгрузки насыпных материалов, поставляемых в крытых железнодорожных вагонах. РТК состоит из одноосной заборной машины I (ЗМ) и перегрузочного одноосного конвейера II (ПК). Эти две машины могут работать самостоятельно и в совместной компоновке (Рис.2).

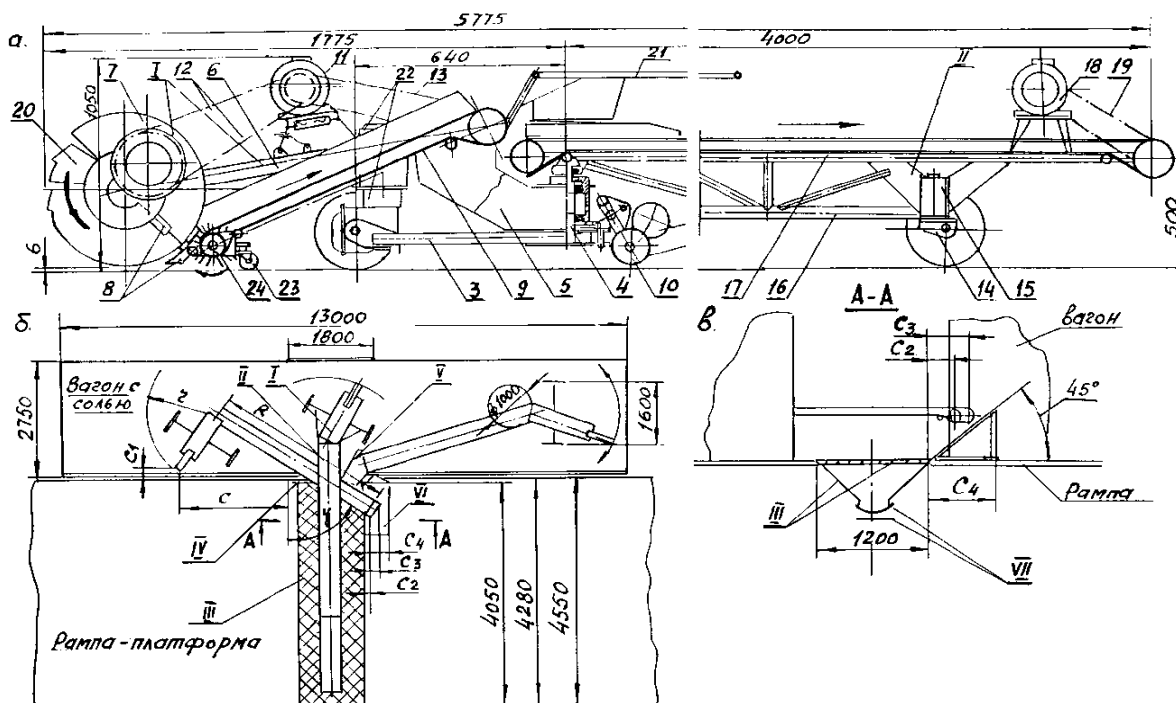


Рис. 2. Роторно-транспортный комплекс и технология загрузки и разгрузки вагонов насыпными материалами

Figure 2 - Rotary-transport complex for loading and unloading operations with bulk materials
Рисунок 2 - Роторно-транспортный комплекс для погрузочно-разгрузочных работ с насыпными материалами

Заборная роторно-транспортная машина (ЗМ) включает одноосную ходовую тележку с рамой 3, на которой консольно и жестко закреплена ось поворотной колонки 4. К поворотной части колонки через кронштейн 5 жестко прикреплена двухблочная стрела 6 с инерционным ротором 7 на конце, а также жестко установленная подвеска-лоток 8 с ведомым барабаном конвейера-питателя 9, ведущий барабан которого установлен на стреле. Второй опорой машины служит поворотное колесо 10, которое может занимать рабочее и транспортное положения. Привод конвейера-питателя и ротора производится от одного электродвигателя 11, соответственно через цепную и зубчатую передачи 12 на ротор, а также цепной передачей на конвейер-питатель 13.

Перегрузочный конвейер (ПК) имеет одноосную тележку 14, которая смещена относительно оси поворотной колонки 15, под которой в сбалансированном равновесии относительно оси тележки жестко установлена рама 16 с конвейером 17 и цепным приводом ленты 19 от электродвигателя 18, размещаемого под или над рамой [4].

Захват материала производится парными ножами 20, расположенными на обечайке ротора, при вращении ротора и поворотных движениях стрелы вокруг оси колонки, осуществляемых оператором рукоятью 21.

Предлагаемым комплексом выгрузка сыпучих материалов из крытых железнодорожных вагонов может производиться в начале заборной машиной I от двери до момента выгрузки из средней части вагона, достаточной для перемещения ЗМ внутрь вагона и разворота ее внутри. После этого присоединяется перегрузочный конвейер II.

Такая технология работы РТК обеспечивает более полную и

производительную механизированную выгрузку сыпучих материалов из вагонов по сравнению с ручной работой или с помощью перегрузчиков МГУ и МВС, не обеспечивающих полную механизацию этих работ, так как для применения их необходима работа еще 2-3 вспомогательных рабочих, которые в процессе работы этих машин вручную должны постоянно подбрасывать до 25-30% незахваченного машиной материала к их рабочему органу.

Кроме того, значительная масса, насыщенность конструкции вышеназванных погрузчиков МГУ и МВС сложными приводами, необходимость их выполнения в антикоррозийно-стойком исполнении и защиты от подаваемого высокого напряжения усложняют их изготовление и эксплуатацию, тогда как в конструкции РТК эти требования выполняются конструктивно проще и с меньшими затратами.

Выводы. Инерционный ротор нижней разгрузки позволяет создать малогабаритную, маневренную и малого веса технику для работы в стесненных условиях, а проведенный анализ его конструктивных и технологических показателей наглядно подтверждает высокую эффективность внедрения в производство нового способа ведения экскавационных работ. В последнее время в развитии экскавационной техники интенсивно ведется поиск создания высокоэффективных рабочих органов, работающих на высоких скоростях с повышенным усилием копания и имеющих высокую транспортную способность. В статье также указана научная направленность тем по разработке новых конструкций ряда экскавационно-погрузочных машин. Это имеет большое значение, так как данные проблемы являются одной из перспективных технических задач на современном этапе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волков Д.П. Машины для земляных работ. - М.: Высшая школа 2012, - 447с.
[2] Федоров Д.И. Надежность рабочего оборудования землеройных машин. - М.: Машиностроение, 2010, - 279 с.
[3] Таукелев Р.Н, Жусупов К.А. Особенности рабочего процесса и перспективы освоения новых экскавационно-транспортных машин с инерционным ротором, Сборник научных трудов «Транспорт Евразии-2008». - Алматы с. 120-121.
[4] Жусупов К.А., Таранов С.В, Исакаев К.М, Конструкция инерционных роторов нижней разгрузки и их рабочий процесс. Журнал «Вестник КазАТК», №6, 2010 г, с.42-48.

REFERENCES

- [1] Volkov D.P. Mashiny dlya zemlyanykh rabot [in Russian: Excavation machines] , М.: Graduate school, 2012, 447 p.
[2] Fedorov D.I. Nadezhnost' rabochego oborudovaniya zemleroynykh mashin [in Russian: Reliability of working equipment of earth moving machines], М.: Mechanical Engineering, 2010, 279 p.
[3] Taykelev R.N, Jusupov K.A. Osobennosti rabochego protsesssa i perspektivy osvoyeniya novykh ekskavatsionno-transportnykh mashin s inertsiionnym rotorom, [in Russian: Features of the working process and the prospects for the development of new excavation and transport machines with an inertial rotor], Collection of scientific papers «Transport of Eurasia-2008», Almaty, 120-121 p.
[4] Jusupov K.A., Taranov S.V, Iskakov K.M, Konstruktsiya inertsiionnykh rotorov nizhney razgruzki i ikh rabochiy protsess. [in Russian: Design of inertial bottom discharge rotors and their workflow], Journal «Bulletin of KazATC», №6, 2010, 42-48 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЕРЦИОННОГО РОТОРА НИЖНЕЙ РАЗГРУЗКИ НА МАШИНАХ, РАБОТАЮЩИХ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

- Жусупов Кенес Амирлович**, к.т.н., ассоц. профессор, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru
Нурсобетов Алишер Бигалиевич, магистрант, Академия логистики и транспорта
Куанышбаева Асела Мухтаровна, магистрант, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, kuanyshbaeva.asel@gmail.com
Енсененов Нуралы Байназарович, магистрант, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, nuraly.ens@gmail.com

ЖОҒАРЫДАН ТӨМЕН ҚАЗАТЫН ИНЕРЦИЯЛЫ РОТОРДЫ ТАР АУМАҚТА ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН МАШИНАЛАРДА ҚОЛДАНУ

- Жусупов Кенес Амирлович**, т.ғ.к., ассоц. профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kenes_atabai@mail.ru
Нурсобетов Әлішер Бигалиұлы, магистрант, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, nalfarabi@inbox.ru
Куанышбаева Асела Мухтаровна, магистрант, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kuanyshbaeva.asel@gmail.com
Енсененов Нуралы Байназарұлы, магистрант, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, nuraly.ens@gmail.com

Аңдатпа. Мақалада тиегіштердің жұмыс органдарына шолу жасалған, сусымалы жүктерді тиеудің жаңа принципі тандалып, тиеу-түсіру және тасымалдау-қоймалық жұмыстарға арналған кіші механикаландыру машинасының конструкциясы берілген. Ұсынылып отырған жаңа инерциялы ротордың қолданыстағы жұмыс органдарынан артықшылықтары көрсетілген. Инерциялы роторды пайдаланудың ерекшеліктері және олардың негізінде өнімділігі жоғары үздіксіз қимылдағы тиеу-түсіру жұмыстарына арналған экскавациялық-тасымалдау машиналарын жасаудың келешегі көрсетілген.

Еңбек және энергия шығындарын азайта отырып, тар ауқымды жағдайларда үйінді жүктерді тиеуді толық механикаландыруға үздіксіз көлік құралдарын кезегімен пайдалану арқылы инерциялық роторлармен "жоғарыдан төменге" қарай қазу жұмыстарының жаңа әдісімен қол жеткізуге болады. Ауыр қол еңбегін барынша жоя отырып, тар жағдайларда тиеу-түсіру және көліктік-қойма жұмыстарының ағындық өндірісінің техникасын (кешендерін) құру қазіргі таңда өзекті мәселе болып табылады. Осы өзекті мәселені шешу мақсатында мақалада авторлар сусымалы жүктерді вагондардан, қоймалардан және басқа да тар аумақтардан түсіруге арналған роторлы-тасымалдаушы кешенді ұсынды. Ол түбегейлі жаңа жұмыс органын – экскавацияланатын материалдарды төменгі жағдайда инерциялық түсіретін шөмішті немесе шөмішсіз роторларды қолдануға негізделген. Роторлы-тасымалдаушы кешен біросьті жинау машинасынан және біросьті қайта тиеу конвейерінен тұрады. Бұл екі машина өздігінен жеке де және бірлесіп те жұмыс істей алады.

Төменгі жүктемелі инерциялық ротор тар ауқымды жағдайларда жұмыс істеуге арналған шағынкөлемді, маневрлік және салмағы аз техникаларды жасауға мүмкіндік береді, ал оның есептік көрсеткіштерін талдау экскавациялық жұмыстарды жүргізудің жаңа әдісін өндіріске енгізудің жоғары тиімділігін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: шөмішті және шөмішсіз ротор, инерциялы ротор, кіші механикаландыру машинасы, тиеу-түсіру және тасымалдау-қоймалық жұмыстары.

ТАСЫМАЛДАУ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУ
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК
MANAGEMENT OF TRANSPORTATION PROCESSES

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.22-28

**RESEARCH OF DEVELOPMENT TRENDS OF HIGH-SPEED TRAFFIC IN THE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

Bitigov Yermek master's student, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, ermektze@mail.ru

Bekzhanov Dinar candidat of technical science, general manager Temir Tulpar LLP, Almaty, Kazakhstan, d.bekzhanov@internet.ru

Bekzhanova Saule doctor of technical science, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, s.bekzhanova@bk.ru

UDC 656.2.022.846

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-22-28

Y.Bitigov, D.Bekzhanov, S.Bekzhanova
Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

**RESEARCH OF DEVELOPMENT TRENDS OF HIGH-SPEED TRAFFIC IN THE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

Abstract: The start of work on the high-speed highway has become a real technological challenge. Since we are talking about a new high-tech railway facility, there is a need for fundamentally new engineering and technical solutions, innovative approaches to conducting surveys, designing, building and operating new rolling stock and infrastructure.

High accuracy in the design, construction and maintenance of the railway track is of key importance in the creation of a high-speed highway. A thorough analysis of the experience of the world's leading organizations in China, Japan and European countries, specializing in the creation and operation of high-speed highways, shows that the most effective system-technical solution is the transition to the use of high-precision coordinate methods of design, construction and maintenance management of infrastructure and rolling stock.

It is precisely the high-precision coordinate methods that open the way to the transition to the operation of the infrastructure in the design position. And this, according to the world's leading experts, is an opportunity to reduce the cost of the current maintenance of such an expensive infrastructure by 20-30%.

The technical solution that ensures the use of coordinate methods in the "end-to-end" technological life cycle of infrastructure objects is the creation of a high-precision coordinate system along the directions of the high-speed highway.

Keywords: high-speed rail-highway, carriers, 30 developed countries, economy, transcontinental transit, network

Introduction. A high-speed line is a specialized railway line designed for trains with high speeds from 200 to 400 km / h. Under high-speed traffic - transportation of

passengers at a speed of 140 to 200 km / h along modernized lines. The first public high-speed railroad was built in Japan. The Japanese Railways Administration created a

high-speed rail project between the high-traffic cities of Tokyo and Osaka in 1956-1958. The Japanese found that with the installation of a special track and more powerful engines, the train can reach speeds of up to 270 km / h. So on the Tokyo-Osaka line, the travel time was reduced from 6 hours 40 minutes to 2 hours 25 minutes. Today, these lines carry about 125 million passengers a year. By the end of the 20th century, the experience of Japan was adopted by: Italy, Spain, France, Germany and Belgium. By the beginning of the XXI century, the speed of trains had already increased to 380 km / h.

In Europe, the first high-speed rail networks were created in France in 1981, and since the early 1990s - in Germany, Italy, Spain, Sweden, and Great Britain. In 1994, Eurotunnel high-speed trains opened under the English Channel. After its construction, a high-speed train Eurostar began to run between Paris and London under the strait. The construction of tunnels allows you to cross the sea straits without ferry communication. In 1985, after the start of the French network of high-speed electric trains TGV, the Transport Commission of the European Union (hereinafter - EU) put forward a number of important proposals for organizing high-speed traffic in Europe.

Initially, the proposals to combine the HSR into a single network concerned only highways created by the national French railway operator SNCF, but soon international projects were also created. Since 2002, high-speed and high-speed railway lines of Western European countries have been integrated into the pan-European railway network with a length of about 15 thousand km. In 2008, with the help of Siemens, the HSR was built in China. High-speed train traffic made it possible to switch the main passenger traffic from airplanes to railways. If in 2008 almost all high-speed trains were purchased from Japan, Germany and France, then by 2011 China had already established its own production based on these samples. Now Chinese factories produce their own trains every year, some of which are exported.

According to the plans of the PRC, by 2020 the length of high-speed railway lines in

China will reach 30 thousand kilometers, covering all cities with a population of 500 thousand people.

The extension of the broad gauge 1520 from the city of Kosice (Slovakia) to Vienna (Austria) will connect Asia with Europe via the Trans-Siberian Railway. The Trans-Siberian Railway connects the European part, the Urals, Siberia and the Far East of Russia, the Russian western, northern and southern ports, as well as railway exits to Europe, on the one hand, with Pacific ports and railway exits to Asia.

The launch of the Moscow-Vienna high-speed railway will allow the transportation of goods and passengers from China to Europe within three days. The existing infrastructure makes it possible to provide cargo delivery from the eastern to the western borders of Russia in at least seven days. The traditional delivery time is 9-10 days. The transfer of transit cargo to rail transport is one of the priorities of the EU, as evidenced by the constant reloading at the Malaszewicz station located on the border of Poland and Belarus. In 2017, the volume of international cargo transportation in the Russia-Austria route amounted to 523.3 thousand tons, an increase of 3 times compared to 2016.

The railway track in Russia is 1520 mm wide, and the European railway track is 1435 mm wide. It is planned that the broad-gauge railway to Europe will go to Bratislava with access to Vienna and the creation of an international logistics center on the Danube. The extension of the 1520 gauge to the center of Europe is objectively necessary in conditions of competition with the sea mode of transport. According to the calculations of the Austrian Ministry of Transport, the project will cost 6.5 billion euros. Construction work is scheduled to begin in 2023 with completion by 2033. Operational and information systems are to be improved to speed up customs clearance. The project to create a new Eurasian transport corridor is being implemented jointly by the railways of Austria, Slovakia and Ukraine. The work is carried out within the framework of the joint

venture "Breitspur Planungsgesellschaft", registered in Austria in 2009.

The BVO consortium of companies Bernard (Austria) - Walbeck (Slovakia) - Obermeier (Germany), selected on the basis of open tender procedures, completed work on a full feasibility study of the project. As part of the feasibility study, the analysis of cargo flows was clarified, the Deloitte company developed a business plan and a business model of the project. HSR "Eurasia" is the largest international project, part of the "One Belt - One Road" initiative, which involves the integration of high-speed rail networks in Europe and China. Its implementation will increase the competitiveness of railway transport, create significant socio-economic and agglomeration effects.

The total length of the Beijing - Moscow - Berlin highway will be 9,447 km, covering the territory of six countries: China, Russia, Kazakhstan, Belarus, Poland and Germany. The basic routing of the line across the territory of Russia and Kazakhstan has already been agreed. The length of the highway through the territory of Russia is 2,366 thousand km along the route "Krasnoe (border with Belarus) - Moscow - Kazan - Yekaterinburg - Chelyabinsk - Zolotaya Sopka (border with Kazakhstan)". The Russian section can be covered in 9.5 hours, the Brest - Dostyk section in 19.5 hours at an average speed of 250 km / h. The cost of the Russian section of the Eurasia HSR is estimated at 3.58 trillion. rubles. The total capital expenditures for the construction of the Brest - Dostyk section amount to 7.08 trillion. rubles, the section "Dostyk - Urumqi" - 0.76 trillion. rubles.

Due to the lack of world analogues, high-speed freight rolling stock is designed on the basis of a passenger one. The basic structure is 12 cars, the maximum speed will reach 350 km / h. The estimated cost of one freight and passenger train is estimated at 2.7 billion rubles. Forecasts of freight and passenger traffic along the Eurasia corridor are based on the work carried out by PricewaterhouseCoopers and the Center for Infrastructure Economics. Passenger traffic on the Eurasia HSR by 2050 is estimated at 36.9

million passengers per year. According to preliminary calculations, the planned revenue of the Eurasia HSR in 2050 should amount to 2.77 trillion. rubles, while the largest part of the income will come from freight transportation. By that time, the highway should carry 11.9 million tons of cargo per year. With a total trade turnover in the EU-China direction of 144 million tons per year, the construction of the Eurasia highway will not radically affect the global supply chains. The Russian strategy for the development of high-speed rail links includes the Moscow - Kazan route, with an extension to Yekaterinburg, and then through Kazakhstan to Beijing, within the framework of the New Silk Road project. The Moscow - Kazan section is the first stage of the large high-speed line Eurasia. The site is currently being designed by a Russian-Chinese consortium. The commissioning of the Moscow-Kazan high-speed railway is scheduled for 2023. The line of the first high-speed rail will pass through the territory of 7 constituent entities of the Russian Federation: Moscow and the Moscow region, the Vladimir and Nizhny Novgorod regions, the Chuvash Republic, the Republic of Mari El and the Republic of Tatarstan. The high-speed rail will connect the capitals of the regions with a single 790 km long route. with stops in 16 settlements of different sizes. The operational speed of the trains will be up to 360 km / h, with transportation within 3.5 hours.

China intends to invest more than 600 billion rubles in the project, subject to the use of Chinese technologies. The launch of the high-speed rail will lead to an increase in the level of consumption of services and goods, new jobs will be created to meet demand, and housing construction will increase. More than 370 thousand jobs will be created at the construction stage in various sectors of the economy. Only in the manufacturing industry it is planned to create 155.2 thousand jobs. Due to the multiplier effects after the construction of the Moscow - Kazan HSR, the aggregate increase in the domestic regional product (hereinafter GRP) for the first 10 years of HSR operation will amount to 9.3 trillion rubles. A special place in the project of

the highway is occupied by the ballastless structure of the superstructure of the track, which is the main design solution. The high-speed rail project carries out a qualitative transition in the creation of a railway track from the classical technology using crushed stone and sleepers to a monolithic concrete structure. Almost a third of the Moscow-Kazan high-speed rail route will run over bridges and overpasses. To ensure high-speed traffic and not impede the movement of vehicles, the designers needed to get rid of intersections with the existing road transport network. The high-speed rail does not cross at the same level with other transport lines and solves the problem of long waiting times at railway crossings. The project uses unified structures of artificial structures (split beam systems and continuous reinforced concrete beam systems) and the structure of the subgrade. The traffic safety system is maximally automated, excludes the influence of the "human factor". The construction of the first Russian high-speed railroad is carried out by Russian enterprises.

The start of work on the high-speed line has become a real technological challenge. Since we are talking about a new high-tech railway facility, there is a need for fundamentally new engineering solutions, innovative approaches to research, design, construction and operation of new rolling stock and infrastructure. High precision in the design, construction and maintenance of a railway track is of key importance in the creation of a high-speed line. A thorough analysis of the experience of the world's leading organizations in China, Japan and European countries specializing in the creation and operation of a high-speed highway, carried out by specialists, indicates that the most effective system and technical solution is the transition to the use of high-precision coordinate methods of design, construction and maintenance of infrastructure and mobile composition. A technical solution that ensures the use of coordinate methods in the "end-to-end" technological life cycle of infrastructure facilities is the creation of a high-precision

coordinate system along the directions of the high-speed highway.

Modern railway communication is unthinkable without high speeds as the basis for the innovative development of railways and an effective tool for solving important socio-economic problems on a national scale. The implementation of high-speed and high-speed traffic projects will make a significant contribution to eliminating bottlenecks in the transport system of Russia and will allow to remove a number of restrictions on economic growth by increasing budget revenues and gross regional product, developing domestic engineering, tourism and other related sectors of the economy.

The construction of a high-speed highway network and high-speed lines is provided for by the updated Transport Strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 and is taken into account in the Forecast of the country's socio-economic development. All of these documents imply the strengthening of the investment orientation of economic growth, based on the creation of modern transport infrastructure and high-tech industries.

The issue of creating an integrated transport network using high-speed and high-speed railway communication has been conceptually worked out with government departments, regions and business.

Conclusion.

Today we can say with confidence that high-speed and high-speed traffic means ensuring the integration of territories at a new level, creating conditions for increasing the mobility of the population and increasing the efficiency of the use of labor resources, reducing the delivery time of goods, new opportunities for the growth of the country's economy, for the development of regions. Moreover, this is a fundamentally different quality of life for people, the successful implementation of the transit potential of Russia and close integration into the Eurasian transport space.

The implementation of high-speed and high-speed traffic is, first of all, large innovative projects in the field of creating transport infrastructure, rolling stock, the

formation of new technologies and transport ideologies. All this is possible only on the basis of the results of a spectrum of scientific research, which are of a breakthrough nature.

Obtaining new scientific achievements, modern knowledge and

competencies is impossible without a deep analysis of world experience, fundamental, exploratory and applied research, the presence of a scientific infrastructure, whose activities are aimed at achieving competitive results.

REFERENCES

- [1] Blatnov M.D. Passenger road transport. 1981
- [2] Bogumil, V.N. Assessment of the main parameters of traffic flows on the city's road network based on the processing of navigation data of urban passenger transport. 2011
- [3] Basel'tsev A.B., Baytulaev A.M., Efimenko D.B. Operational management of urban passenger transport in an automated navigation dispatch system. 2011
- [4] Baytulaev A.M. Improvement of telematic systems for operational dispatch control of passenger transport in a megalopolis. 2010
- [5] Afanasyev L.L., Ostrovsky N.B., Zuckerberg S.M. Unified transport system and road transport. 1984
- [6] Blinkin A.Ya. Kharпов S.Kh. Quantifying the effect of increasing the regularity of urban bus routes. 1982.
- [7] Blinkin M.Ya. Kirichenko V.A. Mikhailov A.A. Sarychev A.B. Assessment of the correspondence of the carriage capacity to the demand for transportation // Improving the organization and management of the transportation process in passenger road transport. 1986
- [8] Bogumil V.N. How to solve the problem of ensuring the safe functioning of land passenger transport. 1999
- [9] Bagdasarov A.M. Passenger motor transport and the organization of its work abroad. 1983

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки. 1981
- [2] Богумил, В.Н. Оценка основных параметров транспортных потоков на улично-дорожной сети города на основе обработки навигационных данных городского пассажирского транспорта. 2011
- [3] Базельцев А.В., Байтулаев А.М., Ефименко Д.Б. Оперативное управление городским пассажирским транспортом в автоматизированной навигационной диспетчерской системе. 2011
- [4] Байтулаев А.М. Совершенствование телематических систем оперативного диспетчерского управления пассажирским транспортом в условиях мегаполиса. 2010
- [5] Афанасьев Л.Л., Островский Н.Б., Цукерберг С.М. Единая транспортная система и автомобильные перевозки. 1984
- [6] Блинкин А.Я. Харпов С.Х. Количественная оценка эффекта повышения регулярности движения на городских автобусных маршрутах. 1982.
- [7] Блинкин М.Я. Кириченко В.А. Михайлов А.А. Сарычев А.В. Оценка соответствия провозных возможностей спросу на перевозки // Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. 1986
- [8] Богумил В.Н. Как решить проблему обеспечения безопасного функционирования наземного пассажирского транспорта. 1999
- [9] Багдасаров А.М. Пассажирский автомобильный транспорт и организация его работы за рубежом. 1983

ПРИНЦИПЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ

Битигов Ермак, магистрант Академии логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, ermekktze@mail.ru

Бекжанов Динар, кандидат технических наук, генеральный директор ТОО «Темір Тулпар», г. Алматы, Казахстан, d.bekzhanov@internet.ru

Бекжанова Сауле, доктор технических наук, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, s.bekzhanova@bk.ru

Аннотация. Начало работ по высокоскоростной магистрали стало реальным технологическим вызовом. Поскольку речь идёт о новом высокотехнологичном железнодорожном объекте возникает потребность в принципиально новых инженерно-технических решениях, инновационных подходах к проведению изысканий, проектированию, строительству и эксплуатации нового подвижного состава и инфраструктуры.

Ключевое значение в создании высокоскоростной магистрали приобретает высокая точность при проектировании, строительстве и содержании железнодорожного пути. Проведённый специалистами тщательный анализ опыта ведущих мировых организаций Китая, Японии и европейских стран, специализирующихся на создании и эксплуатации высокоскоростной магистрали, свидетельствует о том, что наиболее эффективным системно-техническим решением является переход к использованию высокоточных координатных методов проектирования, строительства и управления содержанием инфраструктуры и подвижного состава.

Именно высокоточные координатные методы открывают путь к переходу на эксплуатацию инфраструктуры в проектное положение. А это, по мнению ведущих мировых экспертов, возможность сокращения затрат на текущее содержание столь дорогостоящей инфраструктуры на 20–30%. Техническим решением, обеспечивающим применение координатных методов в «сквозном» технологическом жизненном цикле объектов инфраструктуры, является создание вдоль направлений высокоскоростной магистрали высокоточной координатной системы.

Ключевые слова: высокоскоростная железная дорога, перевозчики, 30 развитых стран, экономика, трансконтинентальный транзит, сеть

ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ТЕМІР ЖОЛЫНЫҢ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ПРИНЦИПТЕРІ МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Битигов Ермак, магистрант, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, ermekktze@mail.ru, 8 702 2099920

Бекжанов Динар, техника ғылымдарының кандидаты, бас директор Темір Тулпар ЖШС, Алматы, Қазақстан, d.bekzhanov@internet.ru

Бекжанова Сауле, техника ғылымдарының докторы, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, s.bekzhanova@bk.ru

Андатпа: Жоғары жылдамдықты магистраль бойынша жұмыстардың басталуы нақты технологиялық сын-тегеурінге айналды. Жаңа жоғары технологиялық теміржол объектісі туралы сөз қозғалатындықтан, жаңа инженерлік-техникалық шешімдерге, іздестірулер жүргізуге, жаңа жылжымалы құрам мен инфрақұрылымды жобалауға, салуға және пайдалануға инновациялық тәсілдерге қажеттілік туындайды.

Жоғары жылдамдықты магистралды құруда теміржолды жобалау, салу және күтіп ұстау кезіндегі жоғары дәлдік маңызды мәнге ие болады. Мамандар жүргізген жоғары

жылдамдықты магистралды құруға және пайдалануға маманданған Қытайдың, Жапонияның және Еуропа елдерінің жетекші әлемдік ұйымдарының тәжірибесіне мұқият талдау ең тиімді жүйелік-техникалық шешім инфрақұрылым мен жылжымалы құрамның мазмұнын жобалаудың, салудың және басқарудың жоғары дәлдікті координаттық әдістерін пайдалануға көшу болып табылатындығын көрсетеді.

Түйінді сөздер: жоғары жылдамдықты темір жол, тасымалдаушылар, 30 дамыған ел, экономика, трансконтиненталдық транзит, желі.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.28-33

ENSURING TRAIN SAFETY ON HIGH-SPEED RAIL-HIGHWAY

Bitigova Dayana master's student, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, Dayana.luak@mail.ru

Bekzhanov Dinar candidat of technical science, general manager Temir Tulpar LLP, Almaty, Kazakhstan, d.bekzhanov@internet.ru

Bekzhanova Saule doctor of technical science, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, s.bekzhanova@bk.ru

UDC 656.2.08

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-28-33

D.Bitigova, D.Bekzhanov, S.Bekzhanova
Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan

ENSURING TRAIN SAFETY ON HIGH-SPEED RAIL-HIGHWAY

Abstract: Modern high-speed trains in normal operation develop speeds of up to 350-400 km / h, and in tests they can even accelerate to 560-580 km/h. Due to the speed of service and high speed of movement, they seriously compete with other modes of transport, while maintaining such a property of all trains as low cost of transportation with a large volume of passenger traffic. For the first time the regular movement of high-speed trains began in 1964 in Japan under the Shinkansen project. In 1981, VSNT trains began to run in France, and soon most of Western Europe, including even the island of Great Britain, became connected by a single high-speed rail network. At the beginning of the XXI century, China became the world leader in the development of a network of high-speed lines, as well as the operator of the first regular high-speed maglev.

In Russia, the regular operation of high-speed trains "Sapsan", on common tracks with conventional trains, began at the end of 2009. Since 2013, the idea of building the first specialized high-speed railway Moscow-Kazan (cargo-passenger) for the national high-speed traffic system has been discussed.

Most of the high-speed trains carry passengers, but there are varieties designed for the transport of goods. For example, the French service La Poste has used special TGV electric trains for 30 years, which served to transport mail and parcels (their operation was completed in June 2015 due to the decrease in the volume of mailings in recent years).

Keywords: high-speed rail-highway, carriers, 30 developed countries, economy, transcontinental transit, network.

Introduction. In recent years, all over the world, the issues of ensuring transport security have become especially acute. This is primarily due to an increase in the number of acts of unlawful interference in the activities of transport enterprises, including terrorist acts, an increase in the scale of their consequences (the number of victims and injured, the amount of material damage, etc.) and the expansion of the range of methods using which such illegal actions are committed.

Taking into account the transport specifics, it should be noted that one of the key points in the design and subsequent construction of a high-speed highway is transport safety. The safety system must guarantee the travel of passengers on a high-speed highway with an acceptable level of risk, a predetermined level of safety for service personnel, environmental protection and the normal functioning of the technical means of the highway. Thus, security issues are considered comprehensively - these are transport, technical, industrial, anti-terrorist, environmental, anti-crime and other types of security.

A safety system is understood as a complex of technical means of a high-speed highway, organizational and technical measures and regulatory documents governing the design, construction and operation of a highway with a given level of safety. Safety is ensured by creating the necessary margin of safety, laid down in the design in the design of permanent devices, structures and rolling stock, and maintaining this margin during operation; certification of the track, rolling stock and its pre-trip control; professional selection and training of personnel associated with the movement of trains pre-trip (pre-shift) health check of personnel; automatic registration in normal and emergency modes of parameters (states) of objects and technical means, actions of operators and traffic agents; admission of an inspection train without passengers at a speed of 160 km / h daily before the opening of train traffic according to the schedule. The infrastructure facilities of high-speed railway transport and products in terms of strength,

stability and technical condition must ensure the safe movement of high-speed railway rolling stock at the highest speeds within the permissible values.

How to control traffic on the high-speed rail.

The HSR train traffic control system is based on the principles of multilevel management. The train traffic safety system covers the whole range of technological processes: train traffic control, track and energy facilities, telecommunication and communication systems, repair and restoration work, etc. It provides for redundancy of control functions and information transmission channels, ensures the work of a traffic dispatcher along the entire route for which it uses onboard systems with satellite navigation GLONASS.

In general, the automation system as a lower level of information and control systems should be considered in the form of three inextricably linked levels of control. At the top level, the formation of control commands is provided to optimize train schedules, taking into account the resolution of possible conflict situations.

The second level ensures the use of these technological solutions for the formation of routes at stations, transmission of information to locomotives about changes in the traffic schedule and receipt of information from all mobile units about the parameters of their movement and coordinates. At the present stage, this level should also include the infrastructure diagnostics tools installed on the rolling stock. The third, most critical level is security systems that provide a mode of interval regulation of train traffic and control of switches and signals at stations. All three levels are hardware and software computing systems.

Since in the area of large cities, the intervals of high-speed trains can be up to two minutes. Accordingly, the management system should be built differently. It should be noted that industry scientists have jointly created and developed the technology of multilevel control systems. And this is today recognized in international practice as one of our main achievements.

The operation of the station complex on the high-speed railways is also undergoing significant changes. Here it is necessary to provide for the possibility of flexible redundancy of systems functionally, and not at the elementary level, as before. This will reduce costs and increase the reliability factor.

You also need to remember that in solving strategic tasks there are certain problems and risks, including those associated with the cyber security of control systems. It is necessary to take into account their ability to withstand various threats. In this regard, the transition to digital models of infrastructure becomes a basic requirement. Today it is impossible to do without it in transport. Moreover, this allows us to fully harmonize with European systems.

Satellite technologies and digital communications make it possible to integrate various elements of the high-speed rail infrastructure, as well as create new approaches within the framework of a new diagnostic technology. And, importantly, we can now evaluate the results of all these developments economically.

Keeping in control

The system of monitoring and diagnostics of technical means reveals their condition, which threatens traffic safety. Information about the absence of danger is constantly, at a given frequency, supplied to stationary devices.

When the flow of information is stopped, the technological process is transferred to a protective position and the movement stops.

Stationary structures and devices, especially traffic control centers, are provided with burglar alarms and a staff of security personnel who prevent unauthorized access by strangers. At the points of intersection of the high-speed railroad track with pipelines through which fire and explosive, as well as chemically active substances are transported, it is planned to install control systems.

Fencing of road overpasses, other railway lines and pedestrian crossings placed above the high-speed lines, are equipped with devices for monitoring their integrity. In alarm systems, in addition to technological

radio communication through portable radio stations, it is envisaged to install along the track, as a rule, on the supports of the contact network, push-button signaling devices for an emergency stop of the train.

A train approach alarm system is set up along the line for track work personnel; the same systems are installed at all intermediate stations. At the stations, television equipment is installed to monitor the situation on passenger platforms, as well as for a constant overview of places of increased danger: overpasses, the most important turnouts, etc.

To monitor the state of the subgrade, artificial structures, track superstructure and other devices, a monitoring system is provided based on the use of displacement and deformation detection sensors in individual elements of technical equipment. In dangerous places (river floodplains, reservoirs), flooding and erosion alarms are installed.

Special sensors will also be used to signal the formation of snow drifts on certain sections of the route. It is provided for the placement along the line of automatic wind speed meters - anemometers warning about hurricane winds, and rain gauges designed to alert about showers, the intensity of which exceeds 60 mm / h. Along the track at a given interval, as well as in front of large artificial structures, devices are installed to check the size of the rolling stock and control emergency-protruding and dragging parts and parts.

All the component parts of the railway track (subgrade, superstructure, etc.) and elements of the component parts of the railway track (rails, turnouts, rail fasteners, sleepers, ballast, etc.) in terms of strength, bearing capacity and stability should ensure the safe movement of high-speed railway rolling stock with the highest speeds within the permissible values. All the above features will be taken into account by a transport security expert already at the stage of route design.

Onboard technical devices.

The complex of on-board technical devices of the train includes the following traffic safety devices: devices for monitoring

the integrity of the train, fire alarms, checks of the driver's vigilance, anti-gas and anti-slip devices. For timely detection of the deviation of rail lines from the standard tolerances, high-speed rolling stock is equipped with a special system.

Conclusion. High-speed connections provide today a higher level of passenger safety compared to other modes of transport. Special designs of the track, rolling stock, contact network, blocking devices, signaling ensure high reliability of the entire high-speed traffic system.

Currently, high-speed trains are equipped with improved and efficient disc brakes, electrodynamic braking systems, electromagnetic rail brakes, as well as aerodynamic braking systems and eddy current brakes.

To reduce the resistance to movement, great attention is paid to the aerodynamic shape of high-speed trains, while any gaps between the cars are not allowed. An automated traffic control system ("motorist") also serves to ensure safety, since at speeds above 150 km / h, the perception of track objects, signals is visually difficult, therefore the movement of trains is carried out automatically, the control process itself is controlled by an additional on-board computer

connected to the computer in control center. The selection of drivers for high-speed trains is carried out according to individual requirements. In addition to high engineering qualifications, special psychological training and increased health requirements are required.

The construction of high-speed highways with environmentally friendly rolling stock will significantly reduce the severity of man-made environmental problems.

Note that on the conventional railway network, the overwhelming number of passenger train crashes occurs when they collide with freight trains or freight cars, which is practically impossible for a high-speed line.

All intersections with highways are made at different levels, which means that such a massive type of accidents on conventional railways, such as a collision of trains with vehicles, is excluded on high-speed lines. The entire line of the high-speed highway is protected by special fences that prevent the entry of animals and unauthorized persons on the way. It is envisaged to use technological solutions that enable people, animals and vehicles to cross the high-speed line at different levels.

REFERENCES

- [1] Afanasyev L.L., Ostrovsky N.B., Zuckerberg S.M. Unified transport system and road transport. 1984.
- [2] Bagdasarov A.M. Passenger motor transport and the organization of its work abroad. 1983.
- [3] Basel'tsev A.B., Baytulaev A.M., Efimenko D.B. Operational management of urban passenger transport in an automated navigation dispatch system. 2011.
- [4] Baytulaev A.M. Improvement of telematic systems for operational dispatch control of passenger transport in a megalopolis. 2010.
- [5] Blatnov M.D. Passenger road transport. 1981.
- [6] Blinkin A.Ya. Kharпов S.Kh. Quantifying the effect of increasing the regularity of urban bus routes. 1982.
- [7] Blinkin M.Ya. Kirichenko V.A. Mikhailov A.A. Sarychev A.B. Assessment of the correspondence of the carriage capacity to the demand for transportation // Improving the organization and management of the transportation process in passenger road transport. 1986.
- [8] Bogumil V.N. How to solve the problem of ensuring the safe functioning of land passenger transport. 1999.
- [9] Bogumil, V.N. Assessment of the main parameters of traffic flows on the city's road network based on the processing of navigation data of urban passenger transport. 2011.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]Афанасьев Л.Л., Островский Н.Б., Цукерберг С.М. Единая транспортная система и автомобильные перевозки.1984.
- [2]Багдасаров А.М. Пассажирский автомобильный транспорт и организация его работы за рубежом. 1983.
- [3]Базельцев А.В., Байтулаев А.М., Ефименко Д.Б. Оперативное управление городским пассажирским транспортом в автоматизированной навигационной диспетчерской системе. 2011.
- [4]Байтулаев А.М. Совершенствование телематических систем оперативного диспетчерского управления пассажирским транспортом в условиях мегаполиса. 2010.
- [5]Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки. 1981.
- [6]Блинкин А.Я. Харпов С.Х. Количественная оценка эффекта повышения регулярности движения на городских автобусных маршрутах. 1982.
- [7]Блинкин М.Я. Кириченко В.А. Михайлов А.А.Сарычев А.В. Оценка соответствия провозных возможностей спросу на перевозки//Совершенствование организации и управления перевозочным процессом на пассажирском автомобильном транспорте. 1986.
- [8]Богумил В.Н. Как решить проблему обеспечения безопасного функционирования наземного пассажирского транспорта. 1999.
- [9]Богумил, В.Н. Оценка основных параметров транспортных потоков на улично-дорожной сети города на основе обработки навигационных данных городского пассажирского транспорта. 2011.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПО ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ

Битигова Даяна, магистрант Академии логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, Dayana1uak@mail.ru

Бекжанов Динар, кандидат технических наук, генеральный директор ТОО «Темір Тулпар», Алматы, Казахстан, d.bekzhanov@internet.ru

Бекжанова Сауле, доктор технических наук, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, s.bekzhanova@bk.ru

Аннотация: Современные высокоскоростные поезда в штатной эксплуатации развивают скорости до 350—400 км/ч, а в испытаниях и вовсе могут разогнаться до 560—580 км/ч. Благодаря скорости обслуживания и высокой скорости движения они составляют серьёзную конкуренцию другим видам транспорта, сохраняя при этом такое свойство всех поездов, как низкая себестоимость перевозок при большом объёме пассажиропотока. Впервые регулярное движение высокоскоростных поездов началось в 1964 году в Японии по проекту «Синкансэн». В 1981 году поезда ВСНТ стали курсировать и во Франции, а вскоре большая часть западной Европы, включая даже островную Великобританию, стала связана единой высокоскоростной железнодорожной сетью. В начале XXI века мировым лидером по развитию сети высокоскоростных линий, а также эксплуатантом первого регулярного высокоскоростного маглева стал Китай.

В основном высокоскоростные поезда перевозят пассажиров, однако существуют разновидности, предназначенные и для перевозки грузов. Так, французская служба La Poste на протяжении 30 лет использовала специальные электропоезда TGV, служившие для перевозки почты и посылок (их эксплуатация завершена в июне 2015 года из-за сократившегося в последние годы объёма почтовых отправок).

Ключевые слова: высокоскоростная железная дорога, перевозчики, 30 развитых стран, экономика, трансконтинентальный транзит, сеть

ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТЫ ТЕМІР ЖОЛЫНДА ПОЙЫЗДАРДЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Битигова Даяна, магистрант, Логистика және көлік академиясы, г. Алматы, Қазақстан, Dayana1uak@mail.ru

Бекжанов Динар, техника ғылымдарының кандидаты, бас директор Темір Тұлпар ЖШС, г. Алматы, Қазақстан d.bekzhanov@internet.ru

Бекжанова Сауле, техника ғылымдарының докторы, Логистика және көлік академиясы, г. Алматы, Қазақстан, s.bekzhanova@bk.ru

Аңдатпа: Заманауи жүрдек пойыздар қалыпты жағдайда 350-400 км/сағ дейін жылдамдықты дамытады, ал сынақтар кезінде олар тіпті 560-580 км/сағ дейін жылдамдата алады. Қызмет көрсету жылдамдығы мен қозғалыстың жоғары жылдамдығына байланысты олар басқа көлік түрлерімен байыпты бәсекелеседі, сонымен қатар барлық пойыздардың қасиетін сақтай отырып, жолаушылар ағынының үлкен көлемімен тасымалдаудың төмен құны. Алғаш рет жүрдек пойыздардың тұрақты қозғалысы 1964 жылы Жапонияда Шинкансен жобасы бойынша басталды. 1981 жылы Францияда VSNT пойыздары жүре бастады, көп ұзамай Батыс Еуропаның көп бөлігі, тіпті Ұлыбритания аралын да бірыңғай жүрдек теміржол желісі байланыстырды. ХХІ ғасырдың басында Қытай жылдамдығы жоғары желілер желісін дамытуда әлемдік көшбасшыға айналды, сонымен қатар алғашқы тұрақты жүрдек маглевтің операторы болды.

Түйінді сөздер: жоғары жылдамдықты темір жол, тасымалдаушылар, 30 дамыған ел, экономика, трансконтиненталдық транзит, желі

**АВТОМАТТАУ, ТЕЛЕМЕХАНИКА, БАЙЛАНЫС, ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСЫ,
АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
AUTOMATION, TELEMCHANICS, COMMUNICATIONS, ELECTRICITY,
INFORMATION SYSTEM**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.34-42

NANOSATELLITE MOTION SIMULATION FOR TESTING THE SUN SENSOR

Y. Nurgizat, Computer Lab of Paris 6 (LIP), Sorbonne University, Paris, France, e.nurgizat@mail.ru

Dias Rizo Alan, Computer Lab of Paris 6 (LIP), Sorbonne University, Paris, France

УДК 531.01

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-34-42

Y. Nurgizat, Dias Rizo Alan

Computer Lab of Paris 6 (LIP), Sorbonne University, Paris, France

NANOSATELLITE MOTION SIMULATION FOR TESTING THE SUN SENSOR

Abstract: Nanosatellite (NS) began to perform complex missions that require high orientation. In this research, we developed a mathematical model of solar sensors to determine the orientation of a NS. Various moments of obtaining the angle of the sun's rays when they hit the solar sensors were presented. The test results of the solar sensors used to simulate various orbit scenarios are described in detail, and graphs of the solar sensor readings are plotted based on the results obtained.

The article deals with modeling the motion of a NS in orbit. The NS is equipped with 6 solar panels. The VTS software was used to simulate the motion of the NS. Also, in the study of determining the orientation, two different problems were considered, that is, when the satellite is in the shadow part of the earth and when it is in the solar part of the earth. For these tasks, a mathematical model for determining the orientation was built. This method is very relevant for the study of small spacecraft.

Keywords: NS, solar panel, orbit, orientation, vector.

Introduction: In this paper, we consider a nano-satellite (NS), which makes a flight around the Earth's orbit. The device is equipped with solar panels, rigidly fixed in the coordinate system associated with the spacecraft ($x, -x, y, -y, z, -z$) to determine the orientation of the NS.

Solar panels on the NS can be used to optimize the production of solar energy and perform certain tasks, in this case, to determine the orientation of the NS. Many articles on the first application have been published, in which new configurations of solar panels have been developed and the use

of solar energy has been studied [1-4]. For the latter application, in one of the mission examples, the strong atmospheric resistances in orbits below 500 km were modified to achieve satellite orientation stability [5-6].

Simulations and calculations are performed at the following approximation. It is believed that the motion of the planet is Keplerian, i.e. no perturbations affect the body, the motion of the NS is affected by the perturbation from the planet's orbit. Three coordinate systems are considered:

OXYZ – geocentric. The origin is placed at the center of mass of the Earth. The system is inertial.

OXYZ-orbital. The origin is placed in the center of mass NS, the axis OZ is directed along the radius vector connecting the centers of mass of the Earth and NS, the axis OX is perpendicular to the axis OY and lies in the plane passing through the radius vector and

the velocity vector of the center of mass NS. The system is non-inertial.

Oijk-related. The origin of the coordinates is also placed in the center of mass of the NS. The axes are directed along the main axes of inertia of the body. The system is non-inertial.

Their relative positions are shown in Figure 1.

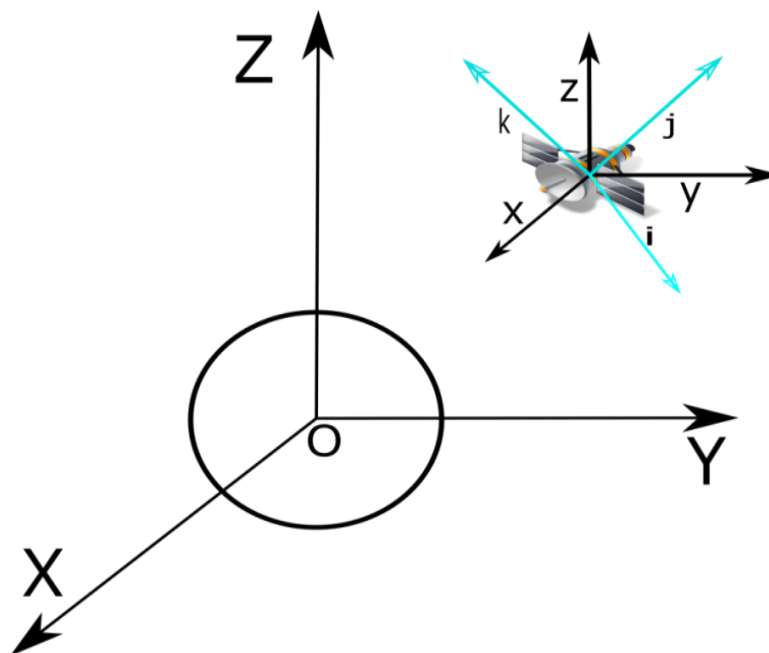


Figure 1 -Coordinate systems

I Angular motion of the NS

A satellite is a solid body moving in a circumcircular orbit around the Earth. The SDP4 model is used to describe the Earth's gravitational field. To rotate the NS around the center of mass, quaternions are used. A quaternion is a hypercomplex number with four parts, used in three-dimensional rotations and orientations of the NS. All rotations in space can be described by the axis of rotation and the angle about that axis. The advantage of quaternions over rotation matrices is that the axis and angle of rotation are easy to interpret. Using the following quaternion formula (1), we obtain the NS rotation data.

$$q = \begin{pmatrix} q_0 \\ q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \end{pmatrix} \quad (1)$$

where q_0 - is the scalar component,

q_1 - q_3 - are the components of the vector.

After obtaining the quaternion data for the rotation of the NS, you can find out which panels are illuminated by the sun, and analyze how the sun looks at the surface of the NS. The faces of the cube have six surfaces forming the body of the satellite. The coordinate vectors are orthogonal to each side of the cube. So there can be two solutions for each vector:

- the positive direction of the vector that was identified as the front side of the NS;
- the negative direction of the vector, which was identified as the back (reverse) side of the NS.

To calculate the position of the Sun relative to the satellite for any given location at a given time, you need to perform three steps [7]:

- Calculate the position of the Sun in the ecliptic coordinate system;
- Convert the result of step 1 to the coordinate system at the center of the Earth;
- Convert the result from step 2 to the coordinates of the NS body.

To get the position of the Sun relative to the satellite, use the following function in the Aerospace Toolbox MATLAB simulation program.

Planet Ephermeris (juliandate
(2021,04,8), 'Earth', 'Sun')

This function implements the position of the target object relative to the specified central object for the specified Julian date ephermeris. By default, the function implements the position based on the DE405 ephermeris in units of kilometers.

After the rotation of the vector, we get data on the angle of incidence of the Earth-Sun vector on the face of the cube, with which we can find out which panels of the NS are illuminated at a given time (Figure 2).

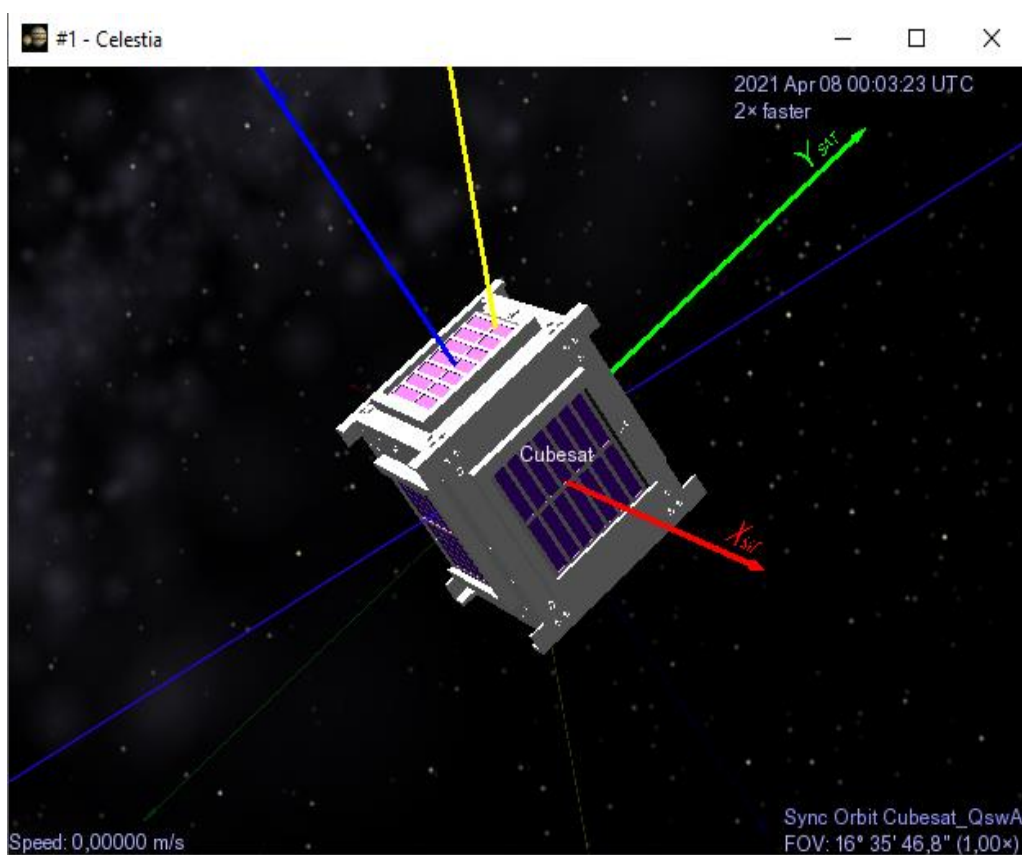


Figure 2 - Model of rotation at the moment of illumination of the NS face

II Plotting the NS 's orbit.

The next step is to get the elements of the orbit on which the satellite is located. The data format that it will use to send this information to the ground station will be the TLE (two-line element) format. This type of message refers, as the name suggests, to two lines of text that include elements of the orbit of an object orbiting the Earth for a given point in time, called an epoch. In addition, there is another first line (called line 0), which gives the designation of the object. Even though it is optional, it is almost always enabled.

The choice of orbit may vary depending on the altitude, their orientation, and their rotation relative to the Earth. From the point of view of the Kepler elements, the position of the spacecraft can be easily determined. The six parameters are convenient for determining the orbit in space in an inertial system defined by its three axes X, Y, and Z. However, it can also be useful to express the position of a moving body in other parameters, such as the Cartesian or polar axes [8].

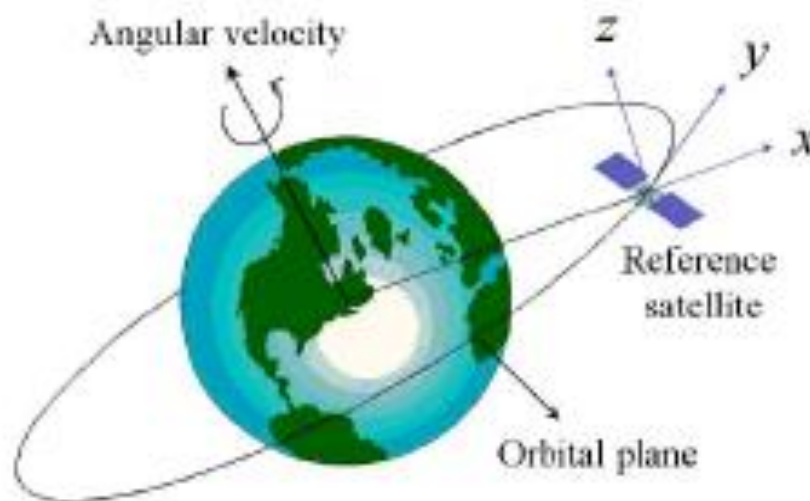


Figure 3 - Satellite orbit reference system [9]

Circular orbits are predicted by matching the centripetal acceleration with the force of gravity. To model the satellite motion scenario, we use the matlab function "Satellite-Centric". Then the initial vectors of the satellite's position and velocity are obtained using the TLE format. The TLE format contains all the necessary information for orbit propagation. This format will be used in

the SDP4 orbital propogator. The advantage of the propogator is that it is more accurate than other propogators.

To construct the orbit, we consider the calculation of the position of the STARLINK-64 spacecraft (the orbit parameters are shown in Table 1) at 00: 19: 51.670 UTC on April 8, 2021 [12].

Table 1-Orbit parameters

| Element | Symbol | Value in the TLE file | Numeric value |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Time of the epoch | t_0 | 21123.38100113 | 16: 30:21.171 UTC April 8, 2021 |
| <u>Inclination</u> | i | 52.9869 | 52.9869 |
| Longitude of the ascending node | $\alpha_{\Omega 0}$ | 99.7162 | 99.7162 |

| | | | |
|---------------------------------------|------------|-------------|-----------------------------|
| Eccentricity | e | 0000598 | 0000598 |
| Argument of periapsis | ω_0 | 7.2492 | 7.2492 |
| True anomaly | M_0 | 117.2796 | 117.2796 |
| Frequency of access | n | 15.88178410 | 15.88178410 turns/solar day |

III Modeling of the orbital day/night alternation.

After constructing the orbit, it becomes known at what point in time the sun's ray falls on the NS.

Having received the vector of the Sun, we will study the Earth's satellite. The Earth

and the Sun are almost spherical bodies, and the Sun is about 100 times larger than the Earth. Therefore, the shadow of the Earth is a cone with the centers of the Sun and the Earth.

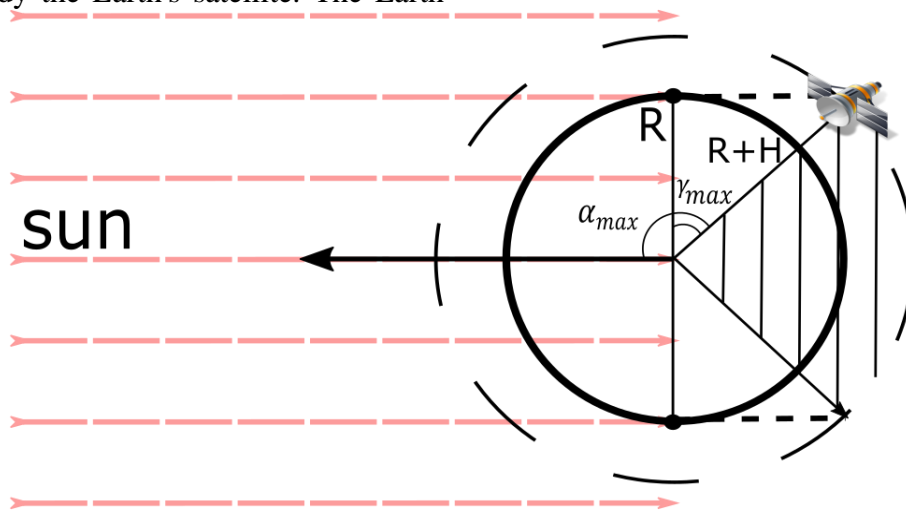


Figure 4 - Geometry of NS conditions in the earth's shadow

Homocentric beams have a common center, as well as three types of beams: convergent, divergent, and parallel [10]. In this case, we show that the focus of the Sun is at infinity, that is, the wave front will be flat, and the homocentric beams of rays will be parallel (Figure 4).

If the satellite's position is known at the specified time, we can use trigonometry to find out whether the satellite is in the shadow part of the Earth relative to the Sun.

To begin with, we find the angle between the vector of the NS positions and the positions of the Earth-Sun vector (2):

$$\cos \alpha = \frac{r \cdot r_s}{\|r\| \cdot \|r_s\|}, \tag{2}$$

where, r - is the position of the satellite vector, which was obtained in the SDP4 orbital propagator.

r_s - the position of the sun vector, which was obtained using the Earth-Sun ephemeris.

The radius of the Earth drawn at the point of contact of the parallel ray of the Sun is perpendicular to the tangent. Knowing the radius of the earth and the height of the orbit of the NS, we determine the angle $\cos \gamma_{max}$ by the formula 3:

$$\gamma_{max} = \frac{R_E}{R_E + H}, \tag{3}$$

where, R_E is the radius of the Earth, H - is the height of the NS orbit.

$$\alpha_{max} = \gamma_{max} + 90^\circ \tag{4}$$

So, from the above, we can calculate that the satellite will be completely obscured by the Earth under condition (5):

$$\alpha \leq \alpha_{max} \geq \alpha \quad (5)$$

To calculate the Earth's shadow, one of the initial tasks is to determine the Sun's vector (r_s), already performed in the equation using the ephemeris function. Once the Sun's vector is determined, equation (5) is used to check whether the Sun is in the Earth's shadow, based on the figure. Note that the shadow, as expected, has a cylindrical shape. That is, if the angle $\alpha \leq \alpha_{max}$, then the NS is in the shadow of the Earth. In other cases, when the orbit rotates, the NS is illuminated by the Sun.

IV Visualization of the mission.

We use the VTS program (software from the CNES company) as a tool for visualization of the NS [11].

The VTS application is used for visualization of: 3D models, satellite geometry, mobile parts, data sources for determining position, orientation, rotation angle, etc. The tool can be used as a graphical verification method, as an educational tool, and even as a communication support for the exchange of information between space experts.

The VTS graphical user interface is designed to simulate a satellite orbiting the Earth in three dimensions. Figure 5 shows the ground track of the NS projected on a two-dimensional map of the world in one day.

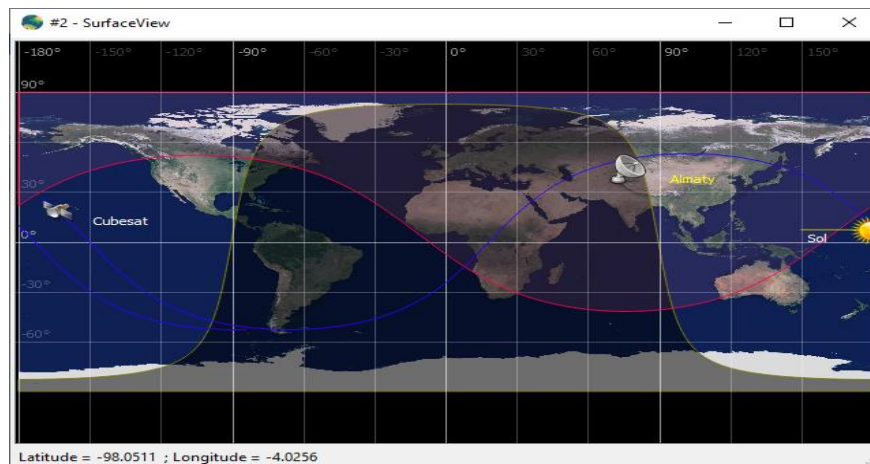


Figure 5 - Track in one day

The graph "visibilitySun" shows the time when the sun illuminates the NS.

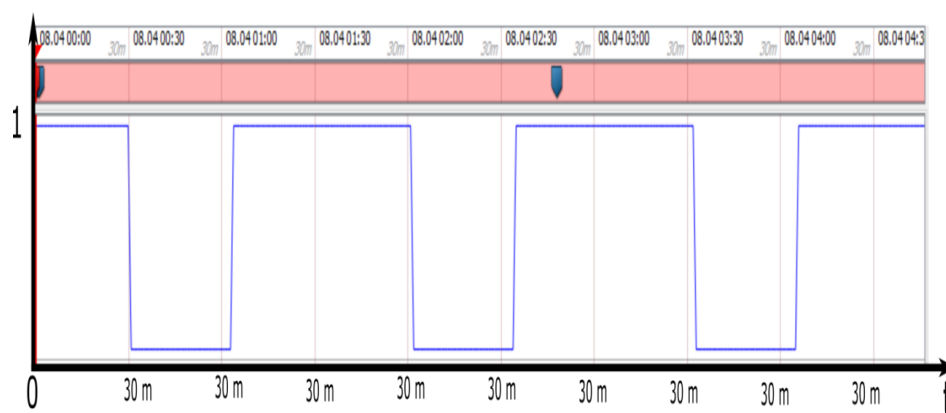


Figure 6 - Graph of the illumination of the NS during the orbit movement

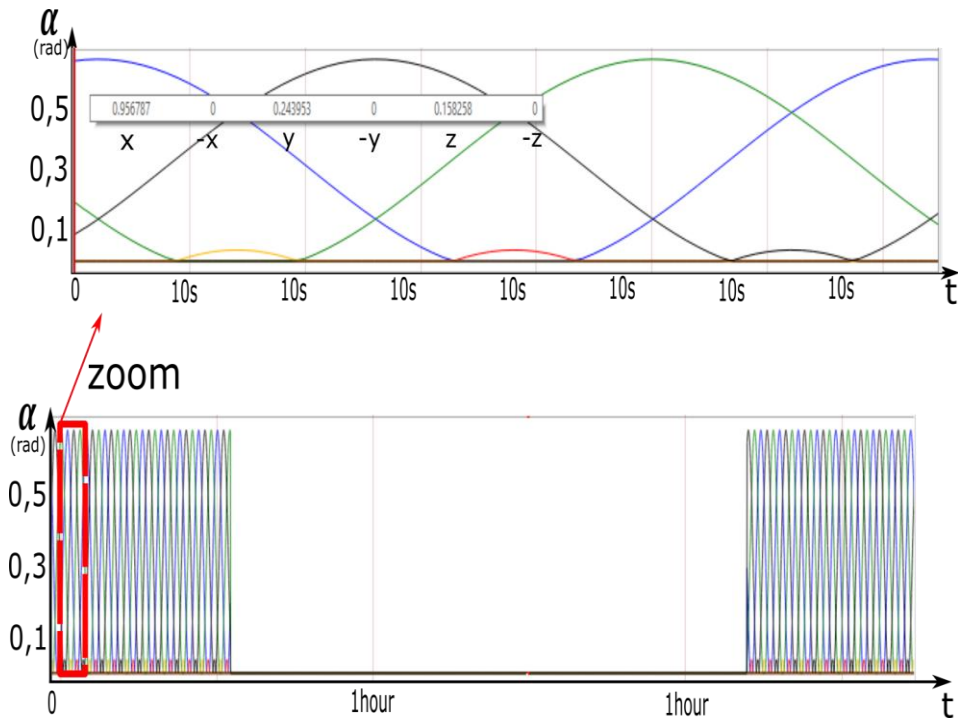


Figure 7 - This graph shows which panels the sun's ray falls on at a given time

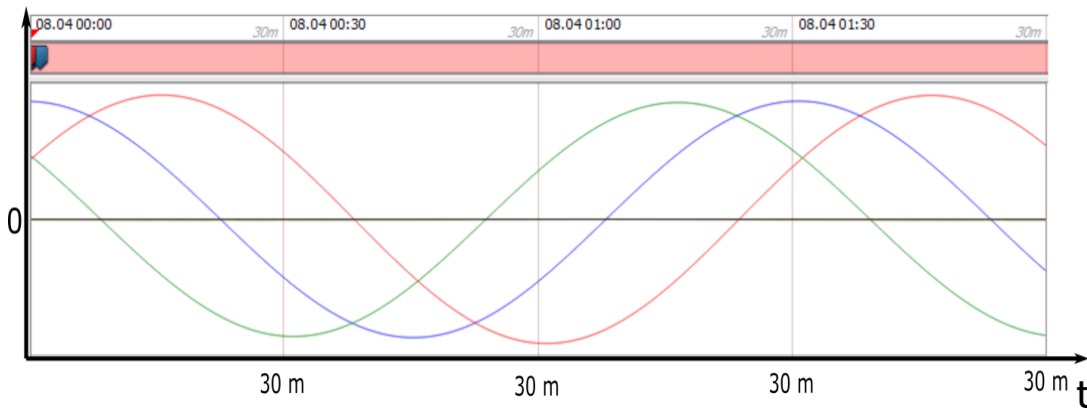


Figure 8 - Graph of the position and velocity of the NS

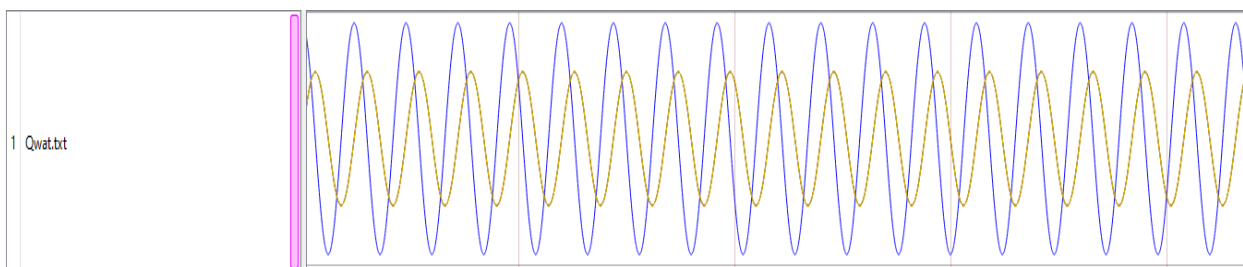


Figure 9 - Graph of the rotation of the NS around its axis

The determination of the total illumination on each side of the NS is shown in Figure 8. The gap in the middle of graph is the result of an eclipse of the Earth. And also

Conclusion: In conclusion, in this article, a mathematical model of the sun sensor was developed. When developing this model, we considered three cases of the sun's ray falling on the edge, as well as the case in the shadow part relative to the sun. For each case, a different mathematical model was developed. The principle of operation of this method is to determine the position of the satellite relative to the incident beam of the sun, which allows you to orient the satellite in orbit using solar sensors. To test the mathematical model of the solar sensors, we

here you can see on which panels the sun's ray falls at the moment of rotation of the satellite in the constructed orbit.

simulated the movement of the satellite in orbit. The model showed data on the angle of incidence of the sun's beam on the face of the NS and tested the orientation sensors. In the darkened side, respectively, all sensor readings were zero. These readings were used to determine the orientation of the NS at a time. In the process, we used tools like Matlab and VTS. This method is very relevant in the development of small satellites, since the orientation of the satellite has an important role in scientific research.

REFERENCES

- [1] Ubbels, W.J.; Bonnema, A.K. Delfi-C3: A student NS as a test-bed for thin film solar cells and wireless onboard communication. In Proceedings of the 2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies, Istanbul, Turkey, 9–11 June 2005; pp. 167–172.
- [2] Santoni, F.; Piergentili, F.; Donati, S.; Perelli, M.; Negri, A.; Marino, M. An innovative deployable solar panel system for Cubesats. *Acta Astronaut.* 2014, 95, 210–217. [CrossRef]
- [3] Vertat, I.; Vobornik, A. Efficient and reliable solar panels for small CubeSat picosatellites. *Int. J. Photoenergy* 2014, 2014. [CrossRef]
- [4] Young, D.; Cutler, J.W.; Mancewicz, J.; Ridley, A.J. Maximizing photovoltaic power generation of a space-dart configured satellite. *Acta Astronaut.* 2015, 111, 283–299.
- [5] Rawashdeh, S.A.; Lump, J.E. Aerodynamic stability for CubeSats at ISS orbit. *J. Small Satell.* 2013, 2, 85–104.
- [6] Armstrong, J.; Casey, C.; Creamer, G.; Dutchover, G. Pointing control for low altitude triple CubeSat space darts. In Proceedings of the 23rd Annual AIAA/USU Conference Small Satellite, Logan, UT, USA, 10–13 August 2009.
- [7] Jenkins, A. The Sun's position in the sky. *Eur. J. Phys.* 2013, 34, 633–652. [CrossRef]
- [8] M Zahran. In Orbit Performance of LEO Satellite Electrical Power Subsystem - SW Package for Modelling and Simulation Based on MatLab . 7 GUI. 2006(January 2006):379{384, 2006.
- [9] Hyung-Chul Lim, Hyo-Choong Bang, and Sang-Jong Lee. Adaptive Backstepping Control for Satellite Formation Flying With Mass Uncertainty. *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 23(4):405{414, 2006.
- [10]. Rodionov S.A. *Osnovy optiki. Konspekt lekcij.* –SPb: SPb GITMO (TU), 2000. - 167s.
- [11] VTS 3.5 User Manual (VTS-MU-G-69-SPB-7.3)
- [12] Celestrak: Current NORAD Two-Line Element Sets. Available at <https://www.celestrak.com/NORAD/elements/>, (Accessed on 08/04/2021).
- [13] Filho, Edemar Morsch, Seman, Laio Oriel, Rigo, Cezar Antônio, Nicolau, Vicente de Paulo, Ovejero, Raúl García, Leithardt, Valderi Reis Quietinho, 2020, *Energies, Irradiation Flux Modelling for Thermal–Electrical Simulation of CubeSats: Orbit, Attitude and Radiation Integration* doi:10.3390/en13246691 <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/24/6691>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДАТЧИКА СОЛНЦА

Еркебұлан Нұрғизат, Компьютерная лаборатория Парижа 6 (LIP), Сорбоннский университет, Париж, Франция, e.nurgizat@mail.ru

Аннотация: Наноспутник (НС) начал выполнять сложные задачи, требующие высокой ориентации. В этом исследовании мы разработали математическую модель солнечных датчиков для определения ориентации НС. Были представлены различные моменты получения угла падения солнечных лучей при попадании на солнечные датчики. Подробно описаны результаты испытаний солнечных датчиков, используемых для моделирования различных сценариев орбиты, и построены графики показаний солнечных датчиков на основе полученных результатов.

Статья посвящена моделированию движения НС по орбите. НС оснащен 6 солнечными батареями. Программное обеспечение VTS использовалось для моделирования движения НС. Также при исследовании определения ориентации были рассмотрены две разные задачи, то есть когда спутник находится в теневой части Земли и когда он находится в солнечной части Земли. Для этих задач была построена математическая модель определения ориентации. Этот метод очень актуален для исследования малых космических аппаратов.

Ключевые слова: Наноспутник (НС), солнечная батарея, орбита, ориентация, вектор.

НАНОСПУТНИКТИҢ КҮН СЕНСОРЫН СЫНАУҒА АРНАЛҒАН ҚОЗҒАЛЫС СИМУЛЯЦИЯСЫ

Еркебұлан Нұрғизат, Париж 6 компьютерлік зертханасы (LIP), Сорбонна университеті, Париж, Франция, e.nurgizat@mail.ru

Андатпа: Наноспутник (НС) жоғары бағдарлауды қажет ететін күрделі миссияларды орындай бастады. Бұл зерттеуде біз НС бағдарын анықтау үшін күн датчиктерінің математикалық моделін жасадық. Күн датчиктеріне түскен кезде күн сәулесінің бұрышын алудың әр түрлі сәттері ұсынылды. Әр түрлі орбиталық сценарийлерді имитациялау үшін қолданылатын күн датчиктерінің сынақ нәтижелері егжей -тегжейлі сипатталған, алынған нәтижелерге сүйене отырып, күн датчигінің көрсеткіштерінің графигі салынады.

Мақалада НС орбитадағы қозғалысын модельдеу қарастырылады. НС 6 күн батареясымен жабдықталған. VTS бағдарламалық қамтамасыз ету НС қозғалысын модельдеу үшін пайдаланылды. Сондай -ақ, бағдарды анықтауды зерттеуде екі түрлі мәселе қарастырылды, яғни жер серігі жердің көлеңкелі бөлігінде болғанда және жердің күн бөлігінде болғанда. Бұл тапсырмалар үшін бағдарды анықтауға арналған математикалық модель құрастырылды. Бұл әдіс шағын ғарыш аппараттарын зерттеу үшін өте өзекті.

Түйінді сөздер: NS, күн панелі, орбита, бағдар, вектор.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshtayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.43-52

TECHNOLOGICAL RADIO NETWORKS FOR DATA EXCHANGE IN RAILWAY TRANSPORT

Koyanbekov Erdos Bolatbekovich, master student, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan. yerkosh1@mail.ru

Orazymbetova Aigul Kanybekovna, PhD, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan. orazymbetova@mail.ru

Aktaikova Dina Aitbaikyzy, teacher, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan.

Abstract. The article deals with the application of conventional VHF radio modems for the construction of mobile technological radio networks for data exchange, ensuring the functioning of automated control systems for various purposes in railway transport. These radio networks are considered as an integral and integral part of the unified technological communication system of JSC "NC "KTZH", which already uses GSM-R and TETRA communication standards. The operational and technical characteristics of the radio networks under consideration make it possible to significantly expand the possibilities of transmitting information about train movement, to ensure the reliability of the operation of interval control systems using the radio channel and satellite navigation tools, to deploy backup channels for data collection and control of railway automation and power supply facilities.

The principles of operation implemented in modern voice communication tools, aimed at optimizing voice communication, are becoming a serious limitation in data exchange. For example, in a backbone system, there is no rigid distribution of channels between subscribers for the entire period of connection establishment. A request for access to the information channel through which speech is exchanged is received via the service communication channel. When receiving a request from a subscriber, the system automatically finds a free information channel and provides access to it.

According to the test results, the equipment of the conventional radio network does not affect the existing technical means and provides a guaranteed exchange of information between the train control system and stationary equipment in the specified modes. The operating parameters of the data transmission channel recorded during the tests on the basis of conventional radio network devices provide a solution to the problems of schedule-interval regulation of train traffic as part of an integrated control system.

Keywords: conventional radio modems, radio networks, railway transport, control system, information transmission, data collection, automation

УДК 656.25

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-43-52

Е.Б. Коянбеков, А.К. Оразымбетова, Д.А.Ақтайлакова
Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Республика Казахстан

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАДИОСЕТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация. В статье затронуты вопросы применения конвенциональных радиомодемов диапазона УКВ для построения подвижных технологических радиосетей обмена данными, обеспечивающих функционирование автоматизированных систем

управления различного назначения на железнодорожном транспорте. Эти радиосети рассматриваются как составная и неотъемлемая часть единой технологической системы связи АО «НК«КТЖ», уже использующей средства связи стандартов GSM-R и TETRA. Оперативно-технические характеристики рассматриваемых радиосетей позволяют существенно расширить возможности передачи информации о движении поезда, обеспечить надежность функционирования систем интервального регулирования с использованием радиоканала и средств спутниковой навигации, развернуть резервные каналы сбора данных и управления средствами железнодорожной автоматики и электроснабжения.

Ключевые слова: конвенциональные радиомодемы, радиосети, железнодорожный транспорт, система управления, передача информации, сбор данных, автоматика.

Введение. Настоящее время ведется активная работа по реформированию и развитию транспортного комплекса Республики Казахстан. И наблюдается стабильный рост объема грузовых и пассажирских перевозок. Между тем запас по пропускной способности на многих участках железной дороги практически исчерпан. Поэтому актуальна задача повышения пропускной способности сети железных дорог Казахстана и повышение безопасности движения поездов.

На сети железных дорог «НК «КТЖ» передаются большие объемы конфиденциальной информации, искажение которой приводит сеть в неработоспособное состояние. Для защиты информации требуется выявление основных угроз безопасности информации, выбор технологии информационной защиты.

Средства связи этих стандартов должны интегрироваться с системами аналоговой и цифроаналоговой радиосвязи, работающими в диапазонах частот 2 и 160 МГц, и иметь единую систему мониторинга и администрирования радиосетей. Это накладывает дополнительные требования к стандартизации аппаратуры связи и применению в их составе типовых интерфейсов. В вопросах, касающихся обеспечения безопасности движения поездов, необходимо в максимальной степени ориентироваться на частотные ресурсы, выделенные непосредственно для нужд АО «НК«КТЖ». Выбор частотных ресурсов для каждой из систем должен

определяться с учетом ряда требований. Основные из них – электромагнитная совместимость радиосвязи различных систем управления, высокий уровень надежности каналов передачи данных, а также требования систем управления по объемам и скорости передачи данных.

Рекомендовано ориентироваться на следующее примерное распределение частотного ресурса для построения систем управления движением:

диапазон 2 МГц – резервирующий радиоканал систем управления соединенных и тяжеловесных поездов;

диапазон 160 МГц – радиоканалы систем управления соединенных и тяжеловесных поездов, станционных систем передачи данных на малодеятельных участках, резервирующий канал при использовании в системах управления радиосетей общего пользования;

диапазон 460 МГц (система TETRA) – системы управления маневровыми локомотивами на станциях;

диапазоны 900 и 1800 МГц – система GSM-R, обеспечивающая поездную радиосвязь и системы интервального регулирования движения поездов на скоростных и высокоскоростных участках;

диапазоны 1800 и 2400 МГц (системы DECT, Wi-Fi, WiMAX) – станционные высокоскоростные сети передачи данных для информационно-управляющих систем, организации видеонаблюдения.

В составе системы связи АО «НК«ҚТЖ» применяются и планируются к дальнейшему использованию средства связи и обмена данными, функционирующие практически во всем доступном диапазоне радиоволн. Наиболее актуальны технические решения, обеспечивающие надежный обмен данными между стационарными пунктами управления и подвижным составом.

Ограничения систем связи стандартов GSM-R и TETRA по обмену данными

Одно из наиболее актуальных требований к современной системе связи – обеспечение эффективного обмена данными. Системы связи GSM-R и TETRA создавались как многоканальные голосовые, предусматривающие обмен речевыми сообщениями между значительным количеством абонентов в географических зонах с высокой плотностью населения, и для решения этой задачи они представляются лучшим решением.

Однако обмен данными предъявляет несколько иные требования к средствам связи, более того, эффективность адаптированной для передачи данных системы голосовой связи серьезно зависит от характера и объема передаваемых данных.

Реализованные в современных голосовых средствах связи принципы работы, направленные на оптимизацию именно голосовой связи, становятся серьезным ограничением при обмене данными. Например, в транковой системе отсутствует жесткое закрепление канала между абонентами на весь период установления связи. С этой целью в такой системе используются служебный и группа информационных каналов. Запрос на доступ к информационному каналу, по которому производится речевой обмен, принимается по служебному каналу связи. При получении запроса от абонента система автоматически находит свободный информационный канал и предоставляет доступ к нему. Если один канал в системе уже занят, а другая группа абонентов

пытается установить связь, то система автоматически предоставит второй канал в их распоряжение. Относительно быстрая смена каналов связи для одних и тех же абонентов в процессе сеанса связи позволяет использовать паузы в переговорах одной группы абонентов для обеспечения связью другой. В результате при прочих равных пропускная способность у транковой системы при обмене голосовыми сообщениями оказывается в разы выше, чем у обычной (конвенциональной) системы голосовой связи.

В настройках транковых систем предусмотрена дополнительная задержка после завершения передачи очередного голосового сообщения, длительность которой может составлять до нескольких секунд. Это позволяет удержать активных абонентов на одном канале и снизить нагрузку на служебный канал, связанную с переводом абонентов между информационными каналами.

Такие прекрасные технические решения для голосовой связи оказываются абсолютно неэффективными при обмене данными. Голосовые сообщения имеют существенно большую длину (продолжительность при передаче) по сравнению с данными. Если возникающие при выделении абоненту информационного канала задержки практически незаметны при переговорах, то для системы обмена данными они оказываются неприемлемыми. Например, в транковых системах задержка в предоставлении доступа к каналу связи составляет не менее 300 мс (это лучший показатель), а в GSM-R – до нескольких секунд. За это время в конвенциональной системе может быть передано до нескольких десятков коротких сообщений.

Серьезное ограничение – пропускная способность служебного канала. В случае с голосовыми сообщениями интенсивность поступления запросов в служебный канал относительно невысока, активность работы абонентов учитывается при проектировании радиосети и поддерживается на низком

уровне в повседневной обстановке. Возрастание интенсивности работы в аварийных ситуациях может компенсироваться за счет предоставления более высоких приоритетов отдельным группам абонентов за счет других. При передаче данных интенсивность поступления запросов оказывается как минимум на порядок выше, и служебный канал не в состоянии с ними справиться. Выделение дополнительного служебного канала за счет сокращения числа информационных оказывается также неэффективным. В аварийных ситуациях, как правило, отсутствует возможность предоставления приоритета одному элементу автоматизированных систем управления (АСУ) за счет другого, поскольку это приводит к срыву нормальной работы последнего. Таким образом, пропускная способность служебного канала при использовании транковой системы для обмена данными оказывается критическим ограничением.

Существенный недостаток сетей GSM-R, как и обычных сотовых радиосетей, использующих обмен данными по протоколам GPRS (General Packet Radio Service) и EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), – недетерминированная задержка в доставке данных. Работа значительной части АСУ настраивается с учетом времени, необходимого на передачу запросов и получение ответов на эти запросы. Чем меньше допустимые предельные значения параметров доставки сообщений, тем эффективнее работа АСУ. В случае использования для обмена данными радиосетей GSM-R, параметры предельно допустимых задержек при доставке сообщений приходится увеличивать,

снижая тем самым эффективность работы АСУ.

Возможность использования единой радиосети (а следовательно, и единого радиочастотного ресурса) для обмена голосовыми сообщениями и данными может рассматриваться как серьезное преимущество в радиосетях общего пользования. Действительно, многие на себе ощутили всю прелесть работы в Интернете и одновременного общения по телефону в том же канале. Однако в технологических радиосетях такое решение оказывается принципиально неприемлемым: работа АСУ требует строго детерминированного потока данных и задержек, а обеспечить выполнение этого требования при наличии непредсказуемого по продолжительности голосового потока невозможно: любой абонент будет говорить столько, сколько посчитает нужным, и тогда, когда ему это потребуется. Практический опыт показывает, что относительно высокая надежность такой радиосети может быть достигнута, если для передачи данных требуется не более 15% пропускной способности всей сети и только при отсутствии резких всплесков в объеме голосовых сообщений. Это в принципе невозможно в ответственных технологических радиосетях.

Эффективные технические решения по оптимизации голосовой связи в современных радиосетях стандартов GSM-R и TETRA оказались серьезным ограничением для этих систем при обмене данными. Практический опыт показывает, что возможности этих систем связи по обмену данными могут быть кардинально улучшены за счет интеграции в их состав специализированного конвенционального оборудования.

Таблица 1 - Сравнительные данные о задержках при передаче данных в радиосетях TETRA, GSM-R и конвенциональных радиосетях

Table 1 - Comparative data on data transmission delays in TETRA, GSM-R and conventional radio networks

| Параметр | CSD | GPRS real COM | GPRS “клиент- | Радиосеть TETRA | Конвенциональная |
|----------|-----|---------------|---------------|-----------------|------------------|
|----------|-----|---------------|---------------|-----------------|------------------|

| | | | сервер” | | радиосеть |
|---|-------------|--------------|-------------|---------|--------------|
| Средняя задержка в канале, мс | 600 | 500 | 1300 | >300 | 25 |
| Минимальная/максимальная задержка в канале, с | 500\900 | 300\1500 | 100\3900 | >500 | 24,5-27,5 |
| Средняя пропускная способность канала, Кбит/с | 8,168 | 5,153 | 4,905 | - | - |
| | 7,520/8,960 | 1,520/14,296 | 0,336\9,520 | 2,4/4,8 | 23,46\114,27 |

Возможности конвенциональных радиосетей по обмену данными. Перечисленные ограничения полностью отсутствуют в конвенциональных технологических радиосетях. Доступ к радиоканалу в таких радиосетях осуществляется напрямую, без использования промежуточного служебного канала, поэтому описанные задержки полностью отсутствуют. Необходимо отметить, что замеры параметров работы радиосети GSM производились на конкретном сегменте сотовой сети связи конкретного оператора и в конкретный период времени. Эти данные могут отличаться в зависимости от текущей нагрузки на сеть сотовой связи. Обеспечение стабильности параметров функционирования такой радиосети в части пропускной способности может быть обеспечено только за счет выделения для обмена данными отдельных канальных и частотных ресурсов. Анализ представленных в таблице 1 данных показывает:

- при работе в режиме CSD (Circuit Switched Data) обеспечивается наиболее стабильный обмен данными, однако даже в этом случае разница между минимальным и максимальным значением пропускной способности составляет около 12%, а собственно скорость обмена данными относительно мала;

- разница между минимальным и максимальным значением пропускной способности при работе с использованием GPRS составляет около 94% для GPRS real COM и 280% для GPRS "клиент-сервер"

соответственно. Низкая стабильность данных показателей связана с одновременным использованием радиосети для обмена речевыми сообщениями, поток которых не может быть детерминирован;

- поскольку использование технологической радиосети связи стандарта TETRA предусматривается для подвижного приложения, в ней должны быть реализованы функции помехозащищенности. Номинальная скорость обмена данными в такой радиосети при обеспечении высокой помехозащищенности может составлять от 2,4 (один таймслот) до 4,8 Кбит/с (два таймслота). Использование для обмена данными большего количества таймслотов делает радиосеть неэффективной с точки зрения обмена голосовыми сообщениями, хотя это основная задача такой радиосети;

- в конвенциональной технологической радио-сети обмена данными предусматривается только высокая помехозащищенность. Пропускная способность такой радиосети будет в значительной степени зависеть от встроенного метода сжатия данных. Однако для одинаковых потоков данных и выбранных методов сжатия параметры стабильности пропускной способности будут неизменными на протяжении всей эксплуатации;

- даже при условии использования всех радиочастотных ресурсов (таймслотов) пропускная способность радиосетей GSM-R и TETRA

при обмене данными оказывается ниже по сравнению со специализированными конвенциональными радиосетями. Это отставание системное и сохранится в перспективе.

Анализ данных показывает следующее. При работе в режиме CSD обеспечивается наиболее стабильный обмен данными, однако даже в этом случае разница между минимальным и максимальным значением пропускной способности составляет около 12%, а собственно скорость обмена данными относительно низка. Разница между минимальным и максимальным значениями пропускной способности при работе с использованием GPRS составляет около 94% для GPRS real COM и GPRS «клиент-сервер» соответственно. Низкая стабильность данных показателей связана с одновременным использованием радиосети для обмена речевыми сообщениями, поток которых не может быть детерминирован. Стандарт TETRA предусматривается для подвижного приложения и в ней должны быть реализованы функции помехозащищенности. Использование для обмена данными большого количества тайм-слотов делает радиосеть неэффективной с точки зрения обмена голосовыми сообщениями. В конвенциональной технологической радиосети обмена данными предусматривается только высокая помехозащищенность. Пропускная способность такой радиосети будет зависеть от применяемого метода сжатия данных. Даже при условии использования всех радиочастотных ресурсов (тайм-слотов) пропускная способность радиосетей GSM-R и TETRA в части обмена данными оказывается ниже по сравнению со специализированными конвенциональными радиосетями. Принципиальное различие двух рассматриваемых схем – использование в первой из них последовательных интерфейсов, по которым каждая базовая станция Paragon PD+ подключается к многобазовому контроллеру MSC (Multi-

site controller), выполняющему функции централизованного технического управления и сопряжения с взаимоувязанной сетью проводной связи и обмена данными АО «НК«КТЖ». Во втором случае применяется единый для всей конвенциональной технологической радиосети обмена данными интерфейс Ethernet и используется стандартное сетевое оборудование.

Следует помнить, что надежность любой системы определяется в том числе количеством входящих в ее состав компонентов и отдельных узлов – чем их меньше, тем проще при прочих равных обеспечить необходимый уровень надежности и живучести системы в целом. Это в полной мере относится к количеству базовых станций в составе технологической радиосети обмена данными: чем их меньше, тем проще система управления и обеспечения их работоспособности.

В отличие от радиосетей GSM-R и TETRA, которые предусматривают использование в их составе не только мобильных, но и носимых связных терминалов, работающих с невысокой выходной мощностью (обычно 0,9–3 Вт), в конвенциональных технологических радиосетях применяются терминалы с выходной мощностью 20–45 Вт. Это обеспечивает существенно большую по сравнению с радиосетями GSM-R и TETRA зону покрытия с позиции одной базовой станции, поскольку размер оперативной зоны базовой станции на практике будет определяться максимально возможной дальностью связи для самого маломощного оборудования, работающего в составе радиосети.

Все выпускаемое оборудование имеет встроенные средства диагностики, обеспечивающие удаленный доступ к текущим данным о техническом состоянии, и использует открытые интерфейсы, включая широко применяемый протокол обмена данными TCP/IP. Это позволяет эффективно и просто интегрировать их в единую систему мониторинга и администрирования

технологической связи АО «НК«КТЖ», а также в системы технологической связи промышленного железнодорожного транспорта и метро.

Работа железнодорожного транспорта связана с повышенной опасностью и ответственностью. В связи с этим все системы управления движением и сбора данных об оперативном и техническом состоянии подвижного состава и напольной автоматики на контролируемой железнодорожной сети дублируются или троюруются. Это требование полностью выполняется при создании конвенциональной технологической сети, обеспечивающей функционирование автоматизированной системы диспетчерского управления

Система управления решает задачи мониторинга подвижных объектов и контроля работы напольной автоматики, включая:

- выявление перегрева колесной пары;
- контроль состояния и управление стрелочными переводами;
- контроль местоположения локомотива по данным спутниковой навигации для реализации схемы интервального регулирования с использованием радиоканала;
- автоматическое обнаружение схода вагона;
- автоматическое обнаружение дефектов колесной пары.

Оперативная зона радиосети формируется группой дуплексных базовых станций, работающих на различных радиочастотах (использование радиочастот чередуется). Каждая БС подключена к центру диспетчерского управления по выделенному радиорелейному или проводному магистральному каналу связи. Каждый магистральный канал связи дублируется. Оперативные зоны соседних базовых станций имеют 100%-ное перекрытие, что обеспечивает возможность подключения любого из устройств напольной автоматики или локомотива к одной из двух базовых станций. В случае нарушения работы

одной из БС, подключенные к удаленным устройствам напольной автоматики радиомодемы автоматически переключаются на работу со второй БС (функция автоматического перехода на резервный канал связи стандартна для рассматриваемых радиомодемов).

Подключенные к радиосети устройства напольной автоматики передают сигналы тревоги в адрес диспетчера с автоматической ретрансляцией его в адрес машиниста по каналам этой же (основной) радиосети. Кроме того, каждое устройство имеет собственный резервный канал связи с машинистом, который используется для передачи сигналов тревоги в виде голосового сообщения.

В системе управления предусмотрена не только возможность перехода на резервный комплект оборудования в случае аварии, но и переключение на резервный порт ввода-вывода данных на основном комплекте оборудования многобазового контроллера в случае выхода из строя одного из портов. Работа основной радиосети, обеспечивающей двойное перекрытие каждой оперативной зоны, дублируется работой резервной аварийной радиосети оповещения машиниста.

Современные конвенциональные технологические радиосети обмена данными – эффективные средства обеспечения работы АСУ различного назначения на железнодорожном транспорте, позволяющие существенно расширить возможности внедряемых систем связи GSM-R и TETRA для передачи информации о параметрах движения поезда, обеспечения надежности функционирования систем интервального регулирования с использованием радиоканала и средств спутниковой навигации, функционирования резервных каналов сбора данных и управления средствами железнодорожной автоматики и энергоснабжения.

Для интервального регулирования движения поездов метрополитена комплекс технических средств каждого

поезда на линии метрополитена должен обеспечивать выработку и передачу команд для диспетчерского пункта и позади идущего поезда о своей фактической скорости и координатах первого и последнего вагонов, а также об исправности поездных устройств.

Позади идущий поезд должен гарантированно получать от впереди идущего информацию для автоматического регулирования скорости с периодом следования, который определяется поездами на линии и действующими нормативными документами.

По принципу действия система передачи информации между поездами и диспетчерскими пунктами по радиоканалу должна быть непрерывно действующей: отсутствие информации о параметрах впереди идущего поезда в течение заданного промежутка времени должно приводить к торможению поезда до полной остановки.

На поездах метро применяется автоматизированная система управления, технической диагностики и безопасности движения нового поколения "Витязь", которая обеспечивает автоматизированное управление составом до десяти вагонов метро, повышая надежность и безопасность движения в метрополитене.

Система "Витязь" – принципиально новая система, интегрирующая в единую многопроцессорную сеть все локальные системы управления оборудования поездом метрополитена. Ее основные функции:

- автоматизированное управление оборудованием поезда метрополитена;
- автоматическое регулирование скорости, обеспечивающее безопасность движения на линии;
- диагностика и контроль устройств поезда и отдельных вагонов с отображением результатов и рекомендаций на цветном мониторе;
- противоюзная защита колесных пар;

- автоматическая диагностика вагонного оборудования перед выездом на линию;

- резервирование основных функций управления составом для обеспечения надежности соблюдения графика движения на линии;

- регистрация параметров движения поезда в защищенном накопителе (функции "черного ящика");

- информирование пассажиров о месте нахождения поезда на маршруте.

Система "Витязь" работает в режиме реального времени и обеспечивает управление всем вагонным оборудованием, безопасность движения, полную диагностику вагонного оборудования и выдачу рекомендаций машинисту по управлению поездом.

Были успешно проведены предварительные и демонстрационные испытания оборудования конвенциональной радиосети обмена данными на радиомодемах Dataradio Paragon G3/Gemini G3 для определения возможности его использования в составе комплексной системы управления метрополитена и обеспечения надежного функционирования системы "Витязь" в звене "поезд – диспетчер станции".

Испытания выполнялись в три этапа.

На первом этапе в депо метрополитена производились измерения рабочих параметров устройств конвенциональной радиосети на совместимость с действующими техническими средствами метрополитена, отрабатывались варианты размещения радиооборудования в головном вагоне поезда, осуществлялась его стыковка с поездами системы управления. Наличие у оборудования обмена данными развитых современных интерфейсов обеспечило его сопряжение с комплектами аппаратуры системы "Витязь" без его дополнительной доработки.

На втором этапе осуществлялась передача информации средствами конвенциональной радиосети в тоннеле метрополитена в автономном режиме (без

подключения к поездной системе управления). Базовая станция устанавливалась на станции метрополитена, стационарные приемопередающие антенны – в портале тоннеля. Абонентский радиомодем размещался на дрезине и перемещался по тоннелю в направлении от базовой станции. При этом выполнялись измерения дальности действия радиосвязи и уровня сигналов в зависимости от мощности передатчика, скорости обмена данными и типа приемопередающих антенн. Результаты показали возможность обеспечения надежного обмена данными с одной базовой станцией по двум тоннелям метро на удаление до 1200 м без использования щелевого кабеля.

На третьем этапе абонентский радиомодем располагался в поезде и был подключен к поездной системе управления. Выполнялась передача информации о фактических параметрах движения поезда от поездной системы управления на базовую станцию радиосети при контрольных обкатках поезда. Передача данных при испытаниях контролировалась как на борту поезда, так и на станции метрополитена. Конвенциональная радиосеть обеспечила трансляцию телеметрической информации с борта поезда метро с заданной периодичностью (изменялась от двух /до пяти сообщений в секунду в зависимости от удаления поезда от станции) и задержками. Наилучшие результаты были получены при использовании протокола UDP (User Datagram Protocol). Оценка пропускной способности радиосети показала, что каждая базовая станция

обеспечивает обслуживание не менее 12 поездов метро в двух параллельных тоннелях при заданной интенсивности трансляции сообщений с борта каждого из них.

Заключение. Была выполнена сравнительная характеристика технологий, с последующим ее анализом на основе качественной оценки основных показателей.

Таким образом, современные конвенциональные технологические радиосети обмена данными УКВ-диапазона являются надежным средством обеспечения работы АСУ различного назначения на железнодорожном транспорте.

Предложено построение технологической радиосети обмена данными на радиомодемах Viper-SC+. Она обеспечивает автоматический двусторонний обмен алфавитно-цифровой информацией между абонентами радиосети по IP-протоколу.

Были рассмотрены особенности кода Рида-Соломона. Построили графики зависимости числа обнаруженных ошибок от вероятности ошибки для кодов (255,223) и (7,3). С помощью компьютерной симуляции была дана оценка ошибкам при передаче информации по каналу.

Проведено исследование модели циклического избыточного кода (CRC).

Проведена дальнейшая оптимизация программы выделения AIS-сигналов, для условий плотного потока сообщений. Проведен анализ возможных отклонений и сбоя в работе технологии AIS.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воронин В., Вериге А. Технологическая связь. Особенности развития технологической радиосвязи на современном этапе. Мир связи. 2009. № 3.
- [2] Осинцев В.А. – Теория работы электрооборудования электроподвижного состава. Часть 1.
- [3] Масленкова И., Команцев А. GSM/GPRS технологии в системах промышленной автоматизации, Цонтрал Енгинееринг, 2008 г.
- [4] Транспортные коридоры на ЕВРАЗИЙСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ/ Л.Н.Матюшин, А.С.Синицина. -Москва: ФГБУ ДПО "Учебно методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2021-272с. С 45-48

REFERENCES

[1] Voronin V., Verigo A. Tehnologicheskaya svyaz. Osobennosti razvitiya tehnologicheskoi radiosvyazi na sovremennom etape. Mir svyazi [In Russian: Technological communication. Features of the development of technological radio communication at the present stage]. Mir svyazi. 2009. No.

[2] Osintsev V. A.- Teoriya raboty elektrooborudovaniya elektropodvijnogo sostava. [In Russian: Theory of operation of electric equipment of electric rolling stock]. Part 1.

[3] Maslenkova I., Komantsev A. GSM/GPRS tehnologii v sistemah promyshlennoi avtomatiki, Sontrol Engineering [In Russian: GSM / GPRS technologies in industrial automation systems, Control Engineering] 2008

[4] Transportnye koridory na EVRAZIISKOM PROSTRANSTVE/ L.N.Matshin, A.S.Sinisina. -Moskva: FGBU DPO "Uchebno metodicheskii sentr po obrazovani na jeleznodorojnom transporte[In Russian: Transportnye koridory na EVRAZIISKOM PROSTRANSTVE/ L.N.Matjushin, A.S.Sinicina. -Moskva: FGBU DPO "Uchebno metodicheskij centr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte"] 2021-272s. s45-48.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАДИОСЕТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Коянбеков Ердос Болатбекович, магистрант, г. Алматы, Казахстан,
yerkosh1@mail.ru

Оразымбетова Айгуль Каныбековна, PhD, Академии логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, orazymbetova@mail.ru

Ақтайлакова Дина Айтбайқызы, преподаватель, Академии логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан.

ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ДЕРЕКТЕРМЕН АЛМАСУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РАДИО ЖЕЛІЛЕРІ

Коянбеков Ердос Болатбекұлы, магистрант; Алматы қ., Қазақстан.
yerkosh1@mail.ru

Оразымбетова Айгүл Қаныбекқызы, PhD, Логистика және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан; orazymbetova@mail.ru

Ақтайлакова Дина Айтбайқызы, оқытушы, Логистика және коммуникация академиясы, Алматы қ., Қазақстан.

Андатпа. Мақалада теміржол көлігінде әртүрлі мақсаттағы автоматтандырылған басқару жүйелерінің жұмыс істеуін қамтамасыз ететін мәліметтер алмасудың жылжымалы технологиялық радио желілерін құру үшін УҚТ диапазонының шартты радио модемдерін қолдану мәселелері қарастырылған. Бұл радиожелілер GSM-R және TETRA стандарттарының байланыс құралдарын пайдаланатын "ҚТЖ"ҰК" АҚ бірыңғай технологиялық байланыс жүйесінің құрамдас және ажырамас бөлігі ретінде қарастырылады. Қарастырылып отырған радио желілердің жедел-техникалық сипаттамалары пойыздың қозғалысы туралы ақпаратты беру мүмкіндіктерін едәуір кеңейтуге, радиоарна мен спутниктік навигация құралдарын қолдана отырып, аралық реттеу жүйелерінің сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуге, деректерді жинау мен теміржол автоматикасы мен электрмен жабдықтау құралдарын басқарудың резервтік арналарын ашуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: конвекциялық радио модемдер, радио желілері, теміржол көлігі, басқару жүйесі, ақпарат беру, мәліметтер жинау, автоматика.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.53-61

THE ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY OF THE TECHNOLOGY DVB-MMDS

Matayeva Aiyem Bakytovna - teacher, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, aiyem_mataeva@mail.ru

Lipsky Marina Anatolyevna - Cand.Sci.(Eng.), Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, limaan78@mail.ru

Saidahmetov Murad Ablatyevich - Cand.Sci.(Eng.), Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, msaidahmet@mail.ru

Orazymbetova Aigul Kanybekovna - PhD, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, orazymbetova@mail.ru

Abstract. The analysis of the functionality of technology DVB-MVDS based cellular television equipment. Shows the block diagram of the system MVDS, station DVD-MVDS. The principle of the teleport. Comparing with the existing system MVDS broadcast standard, identified the main advantages of this technology, which designed to facilitate the early introduction of digital broadcasting in the entire territory of the Republic of Kazakhstan. When receiving small cost of subscriber equipment, ease of installation and operation of DVD-MVDS makes it possible to provide a wide content services.

The MMDS multimedia network is based on the headend. In the formation of information flows can be used a variety of sources-the Internet, terrestrial, cable and satellite television channels, various local sources of information. Analog signals are converted to digital form in MPEG2 encoders. The formation of service information, channel coding and modulation are carried out in accordance with one of two standards - DVB - C or DVB-S.

The power of solid state amplifiers used in MVDS transmitters is very small. In channel transmitters, it is measured in tens of mW, and in group transmitters, designed to transmit hundreds of channels, it is measured in units of watts. Signal distribution to cellular transmitters can be made by fiber optic, low-power relay lines or by MVDS itself. The subscriber has an antenna mounted on the wall of the building, a low-noise Converter and a standard receiver.

The transfer of frequency from the millimeter region to the decimeter is carried out in one or two stages. In this case, there may be problems due to the high absolute instability of the high-frequency heterodyne Converter and the strong departure of the transmitted signal. Their solution may be to stabilize the frequency of the heterodyne pilot signal introduced on the transmitting side into the General stream. This principle is used, for example, in Technosystem systems compatible with the DVB-C standard.

The signal conversion on the transmitting side is performed in two stages. First, the frequency is transferred to the region of 2.3-3.3 GHz. At this stage, the phase-locked frequency of the Converter heterodyne is used and the pilot signal input is phase-synchronized by the same highly stable source. In the second stage, the frequency is transferred to the region of 11.7-12.5 GHz. On the receiving side, the signal conversion occurs in the reverse sequence - first, the frequency is transferred to the region of 2.3-3.3 GHz, then it enters the second Converter with phase-locked, where the pilot signal entered on the transmitting side is used as a reference.

Key words: station, converter, pilot signal, multimedia network, operating frequency range.

А.Б. Матаева, М.А. Липская, М.А. Сайдахметов, А.К. Оразымбетов

Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан

ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МҮМКІНДІКТЕРІН ТАЛДАУ DVB-MMDS

Аңдатпа. Бұл мақалада ұялы теледидар құрылғысының негізінде DVB-MVDS технологиясының функционалды мүмкіндіктерінің талдауы көрсетілген. DVB-MVDS станциясының MVDS жүйесінің құрылымдық сұлбасы келтірілген. Телепорттың жұмыс принципі сипатталған. MVDS жүйесімен телебағдарлау жүйесінің басқа да стандарттарын салыстыру барысында осы технологияның негізгі артықшылықтары анықталды. Осының негізінде Қазақстан Республикасының барлық аймағында сандық бағдарлауды енгізу барысының тездетілуіне ықпал етеді. DVB-MVDS жүйесінің қабылдаушы абоненттік құрылғыларының арзан бағасы, жеңіл құрылуы мен қолданылуы қызметтің көптүрлілігіне жол ашады.

Түйінді сөздер: станция, конвертер, пилот-сигнал, мультимедиялық желі, жұмыс жиіліктерінің диапазоны.

MMDS мультимедиялық желісі бас станция базасында құрылады. Ақпараттық ағындарды қалыптастыру кезінде әртүрлі көздер - Интернет, эфирлік, кабельдік және спутниктік теледидар арналары, әртүрлі жергілікті ақпарат көздері пайдаланылуы

мүмкін. Аналогтық сигналдар MPEG2 кодер сандық түрге түрлендіріледі. Сервистік ақпаратты қалыптастыру, арналық кодтау және модуляция DVB - C немесе DVB-S екі стандарттарының біріне сәйкес жүзеге асырылады.

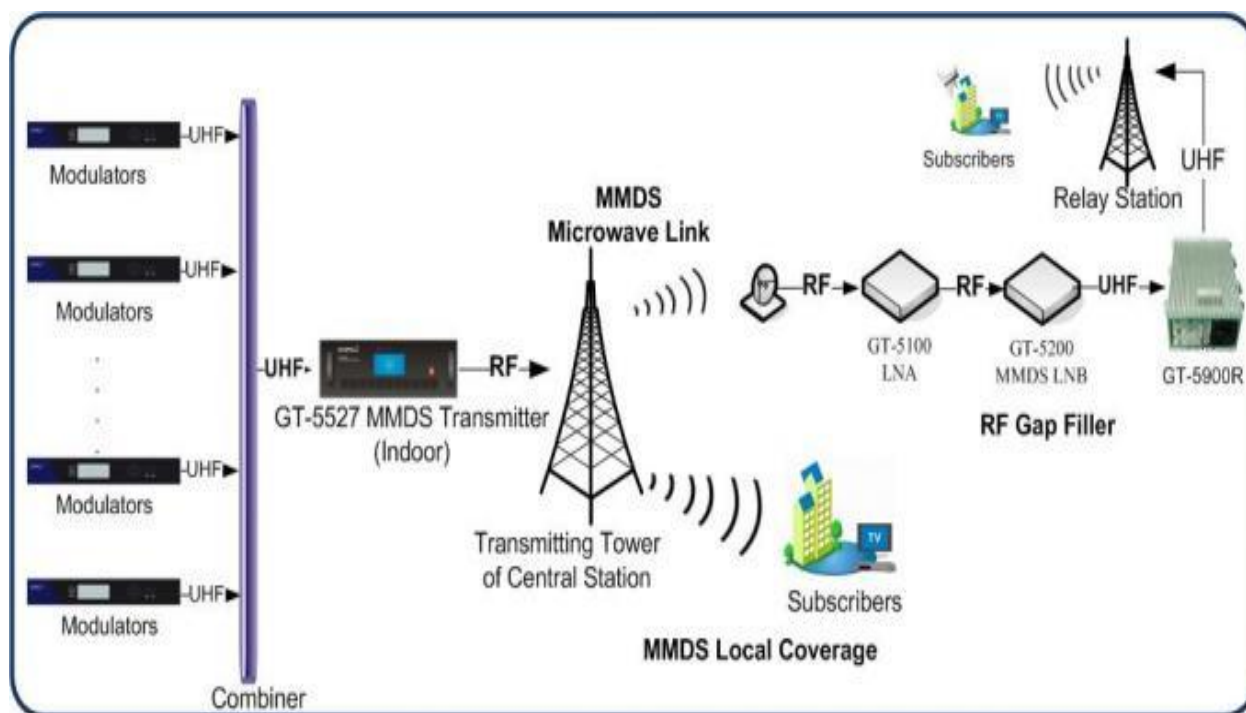


Figure 1 - MMDS system structure
1 сурет - MMDS жүйесінің құрылымы

1-суретте MVDS жүйесінің тарату және қабылдау бөліктерінің типтік құрылымдық сұлбасы бейнеленген. Цифрлық пакеттерді қалыптастырғаннан кейін арналар модуляцияланады және кеңжолалық таратқыштарға беру үшін біріктіріледі. Сондай-ақ жеке таратқыштарды пайдалану да мүмкін. Таратқышта сигнал спектрі 11,7-12,5 ГГц (бұл бір немесе екі кезеңде жүреді) облысқа көшіріледі, күшейіп, антеннаға беріледі. Базалық станциялар секторлық антенналар жиынтығымен жабдықталуы мүмкін. Бұл сигналдың қуатын күшейтуге, сондай-ақ жиілікті қайта пайдалану және поляризацияны ауыстыру есебінен абоненттер санын арттыруға мүмкіндік береді.

MVDS таратқыштарында қолданылатын қатты күшейткіштердің қуаты өте аз. В арналық передатчиках ол өлшенеді ондаған мВт-қа, ал топтық беруге арналған жүздеген арналар, - бірліктерімен Вт. Сигналды ұялы таратқыштарға тарату оптикалық талшық, аз қуатты релелік желілер немесе MVDS

көмегімен жүргізілуі мүмкін. Абонентте ғимарат қабырғасына Орнатылатын антенна, аз шулайтын конвертертер және стандартты ресивер орнатылады.

Тарату жағында сигналды айырбастау екі кезеңде жүргізіледі. Алдымен жиілік 2,3-3,3 ГГц аймаққа көшіріледі. Бұл кезеңде Конвертертер гетеродин жиілігінің фазалық автоподқұрылымы және дәл сол жоғары тұрақты көзмен синхрондалатын пилот-сигналын енгізу қолданылады. Екінші кезеңде жиілік 11,7-12,5 ГГц облысқа көшіріледі. Қабылдағыш жағында сигналдың конвертациясы кері ретпен жүреді — алдымен жиілік 2,3-3,3 ГГц облысқа көшіріледі, содан кейін фазалық автоподқұрылымы бар екінші конвертке түседі, онда тірек ретінде таратушы жағында енгізілген пилот-сигнал қолданылады.

Атап айтқанда, шалғайдағы аз қоныстанған пункттер үшін 2-суретте көрсетілген құрылымдық схема қолданылуы мүмкін.



Figure 2 - DVB-MMDS station block diagram
2 сурет - DVB-MMDS станциясының құрылымдық схемасы

Шағын елді мекеннің телепортының жұмыс принципі:

- DVB-S2 / MPEG-4 стандартында мемлекеттік ТВ бағдарламаларының пакетін трансляциялайтын орталық спутниктік станциядан бағдарламалардың сандық пакеттері Қазақстан аумағының 100% жабатын KazSat-2 спутнигінен қабылданады;

- бұдан әрі, қабылданған сигнал, 11 700-12 500 МГц диапазонының жұмыс жиілігіне декодтауға жүгінбей, жиілікті айырбастау жолымен өзгертіледі.;

-таратушы антеннасы бар сандық эфирлік таратқыш DVB-MVDS жер бетіндегі хабар таратудың жаңа стандартында елді мекен аумағына сигнал таратады. Қамту аймағы мен кернеу диаграммасы таратушы антеннаның бағыттылық диаграммасымен және эфирге шығарылатын таратқыш конверторының қуатымен қалыптасады және кент аумағымен шектеледі;

- сигнал қабылдау үшін абоненттерге параболикалық антенна еңбейтін спутниктік қабылдау жабдығының стандартты тұрмыстық жиынтығы қажет. Абонентпен қабылдау антенна айналарысыз типтік аз шуылданатын антенна күшейткішіне жүзеге асырылады және кәсіби орнатуды талап етпейді. Ұсынылып отырған жердегі ТВ хабар тарату желісінде тікелей спутниктік хабар тарату қабылдағыштары пайдаланылатын болады, бұл барлық ұлттық цифрлық хабар тарату желісі үшін шартты қол жеткізу мен тарификацияның бірыңғай жүйесін пайдалануға мүмкіндік береді;

- қазіргі уақытта әзірлеушілер қуат көзі ретінде ТВ ретрансляторларды күн батареяларын пайдалану мүмкіндігін қарастыруда. Олардың экономикалық тиімділігі жағдайында жүйенің толық дербестігі қамтамасыз етіледі.

Толық масштабты MVDS жүйесінің құрамына келесі кешендер кіреді:

- орталық станция (ЦС) құрамында: спутниктік және эфирлік теледидар бағдарламаларын қабылдауға арналған телепорт, телерадиостудиялық жабдықтар,

бөлінген бағыттағы радиорелелік станциялар, Internet қабылдау станциялары, телефон және компьютерлік желілермен ұштасу жабдығы, абоненттерді кодтау және есепке алу жүйесі, кепілді электрмен қоректендіру жүйесі, модемдік жабдықтар, жиілік арналарын біріктіру құрылғысы бар көп арналы микротолқынды қабылдағыш, көлденең жазықтықтағы бағыттылық шеңберлік диаграммасымен антенна;

- абоненттік қабылдау станциялары (қажет болған жағдайда интерактивтік режимді қамтамасыз ету), оған антенна, қабылдау конверторы (таратқыш) және тюнер кіреді.;

- орталық станцияның абоненттік сигналдарын ретрансляторлар.

MVDS жүйесінің ЦС бірнеше жерсеріктердің, жергілікті студиялардың және жергілікті эфирлік телевизиялық таратқыштардың телерадиобағдарламаларының сигналдарын қабылдай отырып, оларды спектр бойынша өздерінің студиялық өнімімен біріктіреді. Нәтижелік сигнал толқындардың сантиметр және/немесе миллиметр диапазондарында қалыптасады және шығарылады [3].

Жұмыс жиілігінің жоғары жиіліктегі диапазонын таңдау 11,7-12,5 ГГц, ал жақын болашақта 27,5-29,5 ГГц және 40,5-43,5 ГГц көп арналы теледидар мен жоғары жылдамдықты деректерді беру, антенна-фидерлік тракт пен АЖЖ-құрылғылар элементтерінің аз габариттері мен массасын алу, сондай-ақ әлемдік нарықта үлкен мөлшерде сатылатын спутниктік теледидардың қабылдау жүйелерінің қымбат емес элементтерін қолдану мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

Бірақ 10 ГГц аймағында сигналдардың таралуы көп жағдайда MVDS жүйелерін құру ерекшелігін анықтайды.

Бұл диапазонның толқынының ерекшелігі олардың таралуының тура сызықты болуы болып табылады. Олар тіпті шағын кедергілерді бүгуге қабілетсіз, ал керісінше-олардан бұрмалаусыз көрініс табады. Тәжірибе

көрсеткендей, 10 ГГц жиілігінде 3 рет көрініс тапқан сигналдар қанағаттанарлық қабылданады. Бұл сипат жоғары жиілікті сигнал тарату жүйелерін жобалау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Кіші радиусы тарату миллиметрлік толқындар анықтады қолдану техникасы MMDS желілердегі маломощными передатчиками салынған ұялы принцип. Ұялы құрылыммен бірге кең жолақ бұл техниканы теледидар, телефония, видеоконференция, Интернетке жоғары жылдамдықты қатынау және деректерді беру кіретін интерактивті мультимедиялық желілерді ұйымдастыру үшін өте қолайлы етеді [1].

DVB үш «негізгі» ерекшелігі қолданыстағы теледидар тарату желілерінде көлік ағынын жеткізуге мүмкіндік береді: спутниктік (DVB-S), эфирлік (DVB-T) немесе кабельдік (DVB-C).

MVDS жүйесі кәбілдік операторларға өз ықпалының аясын айтарлықтай кеңейтуге, сондай-ақ жеке секторды қосуға мүмкіндік береді. Сигнал берудің осындай әдісін қолдану коаксиалды және оптикалық кәбілді төсеу үшін айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік береді, сонымен қатар бағандарды жалға алу үшін төлеуге және бір жерде кабель үзіледі деп қорқуға болмайды. Сигнал мен кабельдің эфирлік берілісінің үйлесімі абоненттердің санын тез арттыруға мүмкіндік береді.

MVDS жүйесінде күрделі жерсеріктік Антенналарды пайдаланудың қажеті жоқ. MVDS жүйеге бейімделген абоненттік спутниктік жүйелердің арзан жабдығын пайдалануға бағытталған. Сигнал қабылдау таратушы антеннаның тікелей көріну аймағында жүзеге асырылады:

- 5 км-ге дейін-тікелей конвертордың сәулелендіру құралына;
- 15 км-ге дейін-диаметрі 20-25 см антеннаға;
- 30 км-ге дейін-диаметрі 60 см антеннаға;
- 40 км-ге дейін-диаметрі 90 см антеннаға.

MVDS түрлі нұсқалары жергілікті бағдарламалармен және жарнамамен бірге спутниктік теледидар бағдарламаларын ретрансляциялауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, сандық спутниктік бейне стандарттарына толық сәйкестікке қол жеткізіледі және MPEG-2 Сандық компрессиясымен үйлесімділікке кепілдік беріледі.

Жүйенің тағы бір артықшылығы-күрделі рельефке байланысты эфирлік телевидение нашар қабылданатын айтарлықтай кең аймақтарды жабады. Мұндай аймақтарды хабар таратумен қамту үшін ретрансляторлар пайдаланылады [2].

Эфирлік хабар таратудың телевизиялық таратқыштарымен салыстырғанда ПМ жүйесінің таратқыштары сәуле шығару қуаты едәуір аз болады. Сонымен бірге, бұл жағдайда әрекет радиусы едәуір аз болады, қабылдау таратқыш антеннадан тікелей көріну нүктелерінде жүзеге асырылады. Бірақ бұл кемшілік әрбір пайдаланушы үшін өзінің (кері) арнасын ұйымдастыратын интерактивті жүйелерді жүзеге асыру кезінде абыройға ие болуы мүмкін. Тарату антеннасы пайда болатын әрбір «ұяның» мөлшері аз болған сайын, көлемі бойынша үлкен (кері) арна әрбір пайдаланушыға бөлінуі мүмкін [3].

MVDS жүйесінің орталық станцияларынан абонентке сигнал қабылдау жүйесінің төрт түрі арқылы жүзеге асырылуы мүмкін:

- жеке абоненттік қабылдау жүйесі, ол жерсеріктік қабылдау жиынтығына ұқсас, қабылданатын сигналдың талап етілетін сапасын қамтамасыз етеді, өйткені сигнал қосымша түрлендірулер мен күшейтулерсіз «бірінші қолдан» қабылданады. Сонымен қатар, жиіліктік модуляцияны ескере отырып, қабылданатын сигнал индустриялық және басқа да кедергілерге іс жүзінде ұшырамайды;

- бір антеннадан сигнал қабылдауға арналған ұжымдық қабылдау жүйесі, оны 900-2150 МГц бірінші ӨСБ-де

абоненттерге кіреберіс немесе үйге таратумен;

- MVDS қабылдағышы және таратқышы бар интерактивті типті ұжымдық және жеке қабылдағыш-таратқыш станция. Мұндай жүйелер телефон және кәбілдік желілер бойынша ақпаратты жинауды, оны кейіннен өңдеп және MVDS ретрансляторына беруді жүзеге асырады. Бұл жағдайда Сандық телефонияны, компьютерлік желілерді және басқа да кеңжолалық қызметтерді ұйымдастыруға болады.

MVDS таратқышының радиусын есептеу. Есептеу үшін бастапқы деректер: жиілік диапазоны 12,1 – 12,5 ГГц; арна қуаты P_1 - 300 мВт; тарату антеннасының күшейту коэффициенті G_1 - 28 дБ; қабылдау антеннасының күшейту коэффициенті G_2 - 16 дБ; тарату антеннасының биіктігі h_1 - 10 м; қабылдау антеннасының биіктігі h_2 - 3 м.

Метрологиялық және дециметрлік диапазондардың радиотолқындары тікелей көріну шегінде таралады. Таратқыштың сәулелену қуатын және байланыстың тиімділігін азайтатын өзге де табиғи құбылыстарды ескерместен, тікелей көріну шегінде радиотолқындардың таралуының әрекет ету радиусы осылай көрінеді:

$$R_{np} = 3,40(\sqrt{h_1 + h_2}), \text{ км} \quad (1)$$

мұндағы h_1 және h_2 – тарату және қабылдау антенналарының биіктігі, м.

Радиотолқындардың рефракциясын ескере отырып, түзу көріну қашықтығын есептейміз

$$R_{np} = 3,40(\sqrt{10+3}) = 19,150, \text{ км} \quad (2)$$

Осы формула ескермейді өшіру сигнал және таратқыштың қуаты, ол ғана

$$L = 101g \frac{P_u}{P_{np}} = 201g \frac{4\pi r}{\lambda} - 101g(G_1 \cdot G_2), \text{ дБ} \quad (4)$$

Яғни, жиілік өсуімен (толқын ұзындығының азаюымен) және антенналардың күшейту коэффициентінің азаюымен өшуі артады.

мүмкіндігі туралы тікелей көру ескере отырып, жеке күтім дөңгелек жер.

Есептеу үшін әрекет ету радиусы таратқыштың күшіне тең болғанда тікелей көрінуіне куә боламыз. Негізінде қуаттың сипаттамаларын базалық және абоненттік жабдықтан, күшейту коэффициенттерін қабылдау және таратушы антенналары мен сондай-ақ тарату шығындарды есептеу кезінде туындайтын.

Жоғалту бос кеңістіктен туындаған деп өсуімен, арақашықтық таратушы ара қашықтықтың антенналарға дейін қабылдау кезінде зараланған энергия бөлінедіде барлық үлкен алаңына жинақталып қабылдау антеннасына келеді. Бұл жағдайда тарату антеннасы барлық жаққа бағытталған болып табылады, сәуле шығару энергиясы сфералық бет бойынша бөлінеді. Қашықтықтың өсуімен сфера бетінің ауданы артады, ал жер бетінің бірлігіне келетін электромагниттік энергияның тығыздығы азаяды. Мұндай шығындар мынадай формула бойынша анықталады:

$$L = \frac{P_u}{P_{np}} = \frac{(4\pi r)^2}{\lambda^2}, \text{ дБ} \quad (3)$$

мұнда P_u , P_{np} – сәулелену қуаты және тиісінше қабылдау;

r – арасындағы қашықтық беретін және қабылдау антенналары.

С көмекке бағытталған антенналарды шоғырландыру барасында зарарланған энергиясын белгіленген бағытта, үлесі артып, энергияны антеннаға қабылдау кезеңі жүреді. Осыларды ескере отырып, күшейту коэффициентінің беретін G_1 және қабылдау G_2 антенналарды жоғалту сәтін бос кеңістікте төмендегіден жазуға болады:

Тарату және қабылдау фидеріндегі шығындарды есепке алу:

$$L = 10 \lg \frac{P_u}{P_{np}} = 20 \lg \frac{4\pi r}{\lambda} - 10 \lg(G_1 \cdot G_2) + \eta_1 + \eta_2, \text{ дБ} \quad (5)$$

Сәуле шығару қуаты берілетін арналар санымен анықталады:

$$P_u = P_1 \cdot n, \text{ мВт} \quad (6)$$

мұндағы - P1-таратқыштың арналық қуаты; n-берілетін арналар саны.

$$P_u = 200 \cdot 3 = 600 \text{ мВт}$$

или

$$P_u = -0,350 \text{ дБ}$$

РПР қабылданатын қуаттың ең төменгі деңгейі ТА қабылдау антеннасының Шу температурасымен, W арнасының жолағымен, F шудың коэффициентімен және s/N сигнал/шу қатынасымен анықталады:

$$P_{np} = 10 \lg(k \cdot T_A \cdot W) + F + \frac{S}{N}, \text{ дБм} \quad (7)$$

мұнда k=1,38•10⁻²³ Дж/К-Больцман тұрақты.

ТА антеннасының Шу температурасын есептеу үшін формуланы пайдалануға болады

$$T_A = T_0 + \left[\frac{1100}{f} \right]^2 \quad (8)$$

мұнда =293 К - қалыпты Шу температурасы; - диапазонның орташа жиілігі.

Сонда

$$T_A = 293 + \left[\frac{1100}{12,3 \cdot 10^3} \right]^2 = 293,01 \text{ К}$$

$$P_{np} = 10 \lg(1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293,01 \cdot 3 \cdot 27 \cdot 10^6) + 5 + 44 = -54,648, \text{ дБм немесе } P_{np} = -54,648 \text{ дБ.}$$

Толқын ұзындығы білдіру анықталады:

Тарату және қабылдау фидердегі шығындар:

$$\eta = \beta \cdot l, \text{ дБ} \quad (9)$$

мұнда - фидердің шағын өшуі, дБ/М; - фидердің ұзындығы.

$$\eta = 0,04 \cdot 10 = 0,3 \text{ дБ}; \quad \eta = 0,04 \cdot 4 = 0,16 \text{ дБ.}$$

В тарату антеннасынан қабылдау антеннасына дейінгі қашықтықты есептейміз:

$$r = \frac{0,024}{4\pi} \cdot 10^{\frac{-0,458+54,648+26+14-0,4-0,2-120}{20}} = 2,945 \text{ км}$$

Қорытынды. Жүргізілген талдау басқа технологиялар алдында VDS жүйесінің артықшылықтарын анықтауға мүмкіндік береді:

- кабельдік желілер үшін әлеуетті қолжетімсіз клиенттерге қызмет көрсету (жеке сектор);

- бір телевизиялық кәбілдік желінің аумақтық таратылған учаскелерін біріктіру жеңілдігі;

- магистральды желілерді олардың инфрақұрылымын пайдалана отырып салу қажеттілігіне байланысты бөгде ұйымдарға тәуелділікті азайту;

- монтаждың қарапайымдылығы және қабылдау жабдығының төмен құны;

- жүйенің өтелімділігінің аз мерзімі;

- аз күрделі шығындар.

Сонымен қатар, MVDS таратқышының қамту аймағы радиусының есептеулері ҚР-да осы технологияны енгізу қажеттілігін дәлелдейді.

ӘДЕБИЕТ

[1] А. Бителева. MVDS или беспроводные сети на миллиметровых волнах. Интернет-страница http://perkis.narod.ru/Tv_technolog/kabel/MVDS/MVDS/ журналы «Теле-Спутник»:

[2] М. Мирошников. Микроволновая интегрированная телерадио-информационная система «МИТРИС» в столице Украины. Интернет-страница журнала «Теле-Спутник»: <http://www.telesputnik.ru/archive/36/article/30.html>.

[3] В.Е. Джакония, О.В. Украинский. Новые возможности систем сотового телевидения. Интернет-журнал по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям «Телемультимедиа»: <http://www.telemultimedia.ru/art.phpid=27/>.

REFERENCES

[1] A. Biteleva. MVDS ili besprovodnyye seti na millimetrovykh volnakh. [In Russian: MVDS or millimeter wave wireless networks.] Internet page of the magazine «Telesputnik»: http://perkis.narod.ru/Tv_technolog/kabel/MMDS/MVDS.

[2] M. Miroshnikov. Mikrovolnovaya integrirovannaya teleradio-informatsionnaya sistema «MITRIS». [in Russian: Proin tv et radio integrated ratio «METRICUS»] in urbe Ucraina.

Internet-pageemporium-«Telesputnik»: <http://www.telesputnik.ru/archive/36/article/30.html>

[3] V. E. Dzhakonia, O. V. Ukrainsky. Novyye vozmozhnosti sistemnogo televideniya. Internet-zhurnal po shirokopolosnym setyam i mul'timediynym tekhnologiyam «Telemul'timedia» [in Russian: New features of cellularum cursus. Lorem-eros in dolor sit amet ligula et ornare vitae «Telemultimedia»]

ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МҮМКІНДІКТЕРІН ТАЛДАУ DVB-MMDS

Матаева Айым Бакытовна – оқытушы, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, aiym_mataeva@mail.ru

Липская Марина Анатольевна- тех.ғыл.канд., Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, limaan78@mail.ru

Сайдахметов Мурад Аблятьевич – тех.ғыл. канд., Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, msaidahmet@mail.ru

Оразымбетова Айгул Каныбековна - PhD, Логистика және көлік академиясы, Алматы қ., Қазақстан, orazymbetova@mail.ru

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ DVB-MVDS

Матаева Айым Бакытовна – преподаватель, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, aiym_mataeva@mail.ru

Липская Марина Анатольевна - канд.техн. наук, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, limaan78@mail.ru

Сайдахметов Мурад Аблятьевич - канд.техн. наук, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, msaidahmet@mail.ru

Оразымбетова Айгуль Каныбековна - PhD, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, orazymbetova@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены функциональные возможности технологии DVB-MVDS. Приведены структурные схемы системы MVDS и станции DVB-MVDS: Представлен принцип работы телепорта. При сравнении системы станции MVDS с другими стандартами выявлены преимущества данной технологии. На основе анализа рассмотрена возможность внедрения технологии MVDS во все областные центры Республики Казахстан. Невысокая стоимость оборудования и простота монтажа системы MVDS способствуют расширению спектра предоставляемых услуг.

Ключевые слова: станция, конвертер, пилот-сигнал, мультимедийная сеть, диапазон рабочих частот.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.61-65

DEVELOPMENT OF A LOCOMOTIVE OBSTACLE DETECTION SYSTEM

Chigambaev Temyrbai Otarbaevich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aues.kz

Kusman Nurbol Madeniyetuly, Master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, nurbol.kusman@gmail.com

Abstract. This article discusses the possibility of implementing an obstacle detection system for a locomotive driver when performing shunting work.

Project objective: to improve the efficiency and capacity of rail transport by contributing to automation by developing a prototype of autonomous obstacle detection.

Keywords: computer vision, sampling, Wald's method, Bayes ' theorem.

УДК 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-61-65

Т.О. Чигамбаев, Н.М. Құсман

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., Қазақстан

КЕДЕРГІЛЕРДІ АНЫҚТАУДЫҢ ЛОКОМОТИВ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Андатпа. Бұл мақалада маневрлік жұмысты жүзеге асыру кезінде локомотив машинисі үшін кедергілерді анықтау жүйесін іске асыру мүмкіндігі қарастырылады.

Жобаның мақсаты: кедергілерді автономды анықтау прототипін жасау арқылы автоматтандыруға қосқан үлесі арқылы теміржол көлігінің тиімділігі мен өткізу қабілетін арттыру.

Түйінді сөздер: компьютерлік көру, іріктеу, Вальд әдісі, Байес теоремасы.

Бүгінгі таңда теміржолдың ықтимал қауіпті учаскелері аудандарында апаттардың алдын алуды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін көптеген стационарлық бейне жүйелер белгілі. Техникалық көрудің локомотивтік жүйесін пайдалану нәтижесі темір жолдағы бөгде объектілерді (кедергілерді) тану және рельстік жолтабан мөлшерінің бұзылуы үшін темір жолдың Алға жатқан учаскесін локомотивтерге кескінді бейнесін қалыптастыру және беру есебінен қауіпсіздіктің локомотивтік

құрылғысының функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту болып табылады [1].

Теміржолдарда адамдар мен жануарлардың болуы кезінде шешім қабылдау шектеулі уақытты қажет етеді. Демек, локомотивті басқару кезінде адам операторының қатесін азайту үшін автокөлік жүйелерінде компьютерлік көру технологияларын қолдану қажет, бұл пойыздың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бірқатар тапсырмаларды автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Күрделі алгоритмнің жұмысы алдын-ала өңделген теледидар бейнесіндегі пиксель жарықтығын іріктеу элементтерін критериалды талдау арқылы жүзеге асырылады. Ұсынылған 2x11 өлшемді іріктеу аналитикалық картаға қатысты алдын ала өңделген кескінді сканерлеуді жүзеге асырады. Сканерлеудің әр кезеңінде үлгінің орталығы

аналитикалық картадағы P1 және P2 сипаттамалық сызықтарына қатысты өзгереді. Сканерлеудің әр қадамы рельестің болуын анықтау үшін сенімділік коэффициентін анықтайды. Алшақтық анықталған жағдайда Вальд әдісімен кескінді дәйекті талдау негізінде алгоритм жұмысының келесі итерациясы жүзеге асырылады.

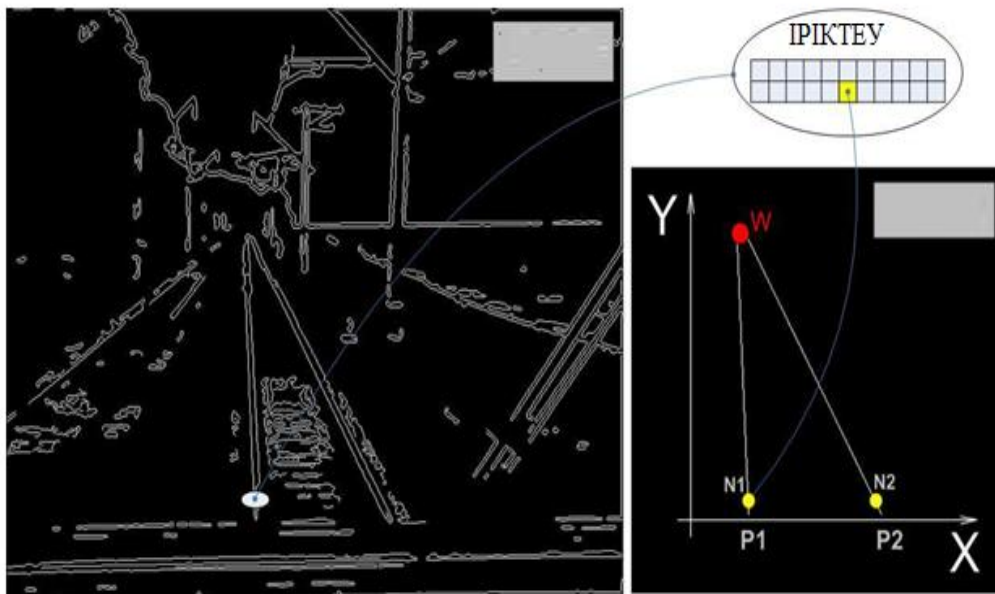


Figure 1 – Complex algorithm scheme
1 сурет - Кешенді алгоритм схемасы

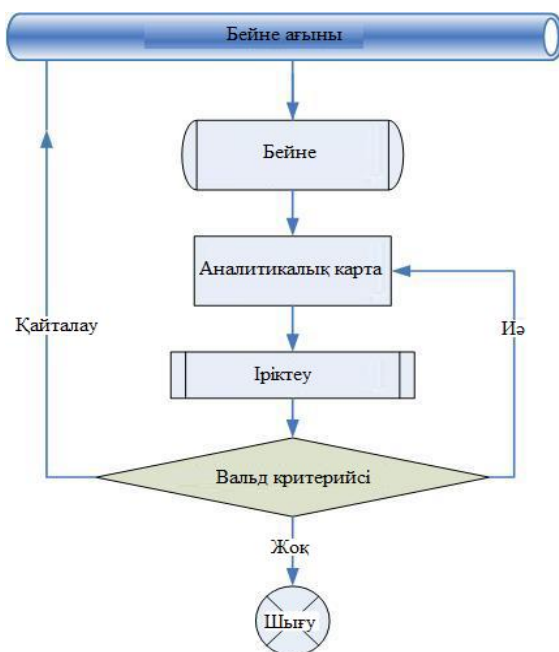


Figure 2 – Algorithm block diagram
2 сурет - Алгоритмнің блок схемасы

```

«105
while(y<W){
    x=(y-b)/k;
    int cnt=0;
    for (int j=0;j<2;j++){
        for (int i=-5;i<6;i++){
            int d=(y+j)*Image->widthStep+(x+i);
            if (Image->imageData[d]){
                ++cnt;
            }
        }
    }
    if (cnt>9 || cnt==0){
        GapPoint.y=y;
        GapPoint.x=x;
        return GapPoint;
    }
    y=y+1;
}»

```

Figure 3 – Fragment of the sample analysis software code
3 сурет - Іріктемені талдаудың бағдарламалық кодының фрагменті

Суреттегі объектіні анықтау қателерін анықтау үшін, суреттегі объектіні өткізіп жіберуге байланысты немесе суреттегі объектінің бар-жоғын жалған анықтау қателерін анықтау үшін статистикалық әдістерін қолдану тиімді. Суреттегі объектіні тану Байес теоремасы бойынша анықтау мүмкін:

$$P(X_m/Y_n) = \frac{P(X_m)p(Y_n/X_m)}{\sum_{q=1}^M P(X_q)p(Y_n/X_q)} \quad (1)$$

Мұнда:

$P(X_m/Y_n)$ - нәтижені алу кезінде объектіні табу ықтималдығы,

$P(X_m)$ - анықтаудың априорлық ықтималдығы,

$p(Y_n/X_m)$ - шынайы ақпарат көзі X_m нысаны болған жағдайда Y белгісін алу ықтималдығы,

$m, n, q = 1, 2, \dots, M$ - объектілер класының индекстері.

Бірінші немесе екінші типтегі объектіні анықтаудағы қателіктердің бірі апатты салдарға әкелуі мүмкін болған жағдайда, мұндай қателіктерді шектейтін

Нейман-Пирсон критерийін қолдану қажет:

$$\min \alpha, \beta_a \leq \beta_0 \text{ немесе } \min \alpha, \alpha_\beta \leq \alpha_0 \quad (2)$$

Мұнда:

α_0, β_0 - бірінші және екінші түрдегі қателіктердің рұқсат етілген шекті мәндері сәйкесінше.

Ықтималдылық коэффициенті

$$\Delta = \frac{p(Y/X_2)}{(Y/X_1)} \quad (3)$$

Ықтималдылық коэффициенті формулалардан есептелетін шекті мәнмен салыстырылады::

$$\alpha_0 = \int_{\Delta_0}^{\infty} p(\Delta/X_1)d\Delta \text{ немесе } \beta_0 = \int_{-\infty}^{\Delta_0} p(\Delta/X_2)d\Delta \quad (4)$$

Вальд статистикалық эксперимент барысында қалыптасқан дәйекті үлгіге негізделген алгоритм ұсынды, үлгінің мәндерін есептеудің і-ші қадамының әр кезеңінде экспериментті жалғастыру

немесе тоқтату мәселесі шешілді. Бұл әдіс дәйекті талдау немесе Вальд әдісі деп аталады.

Λ осі үш аймаққа бөлінеді, онда Λ_1 , Λ_2 шешім қабылдау аймақтары, ал белгісіздік аймағы Λ_0 . Үкітмалдылық коэффициенті аймаққа түскен жағдайда теріс немесе оң нәтижемен тиісінше

жұмысты тоқтату туралы шешім қабылданады. Сенімділік коэффициенті аймаққа енген жағдайда, экспериментті келесі суретте жалғастыру туралы шешім қабылданады. Үкітмалдылық аймақтарының схемасы 3 - суретте көрсетілген.[3]

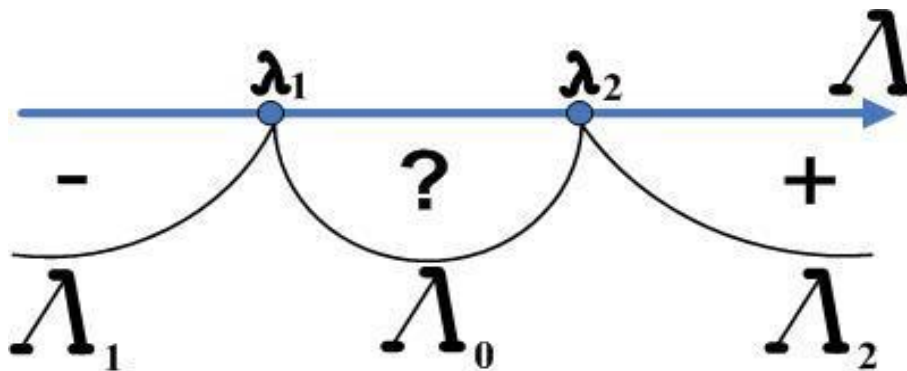


Figure 4 – Decision-making zones
4 сурет - Шешім қабылдау аймақтары

Ұсынылған алгоритм формулаларға сәйкес, шекті Λ_1 , Λ_2 мәндерді таңдаған жағдайда бақылаудың минималды орташа көлемін есептеу кезінде тиімді:

$$\Delta_1 = \frac{1-\beta}{\alpha}, \Delta_2 = \frac{\beta}{1-\alpha}. \quad (5)$$

Қорытынды.

Бұл зерттеу техникалық көру арқылы локомотивтің жолында бөгде заттарды табу мәселелеріне арналған. Маневрлік локомотивті басқару үшін әзірленген техникалық көру жүйесінің

құрылысын қолдану шарттары қарастырылды. Жұмыс нәтижелерін келесідей тұжырымдауға болады:

Техникалық көру жүйесінің көмегімен локомотивтің жүру жолындағы кедергілерді анықтау мен танудың әзірленген әдістемесінің кейбір аспектілері қарастырылды. Компьютерлік көру технологияларын қолдана отырып, локомотивтің жолындағы кедергілерді анықтау және тану алгоритмінің құрылымы ұсынылған.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Иванов, Ю.А. Технологии компьютерного зрения в системах автоведения/ Ю.А.Иванов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – №6. – С. 46- 48.

[2] Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М.: Большая российская энциклопедия, 1994. — 559 с. — ISBN 5-85270-115-7.

[3] Бродецкий Г.Л. Системный анализ в логистике, выбор в условиях неопределённости = «Глава1. Максиминный критерий (ММ-критерий или критерий Вальда)». — Москва: Academia, 2010. — С. 22. — 336 с

REFERENCES

[1] Ivanov, Y.A. Technology computer vision systems autopilot/Y.A. Ivanov // Automation, communication, computer science. - 2011. - no. 6. - P. 46-48.

[2] Railway transport: encyclopedia / editor — in — Chief N. S. Konarev. — Moscow: Bolshaya Rossiyskaya enciklopediya, 1994. - 559 p. - ISBN 5-85270-115-7

[3] G. L. Brodetsky. System analysis in logistics, choice under uncertainty = " Chapter 1. The maximin criterion (MM-criterion or Wald's criterion)". - Moscow: Academia, 2010. - P. 22. — 336 .

КЕДЕРГІЛЕРДІ АНЫҚТАУДЫҢ ЛОКОМОТИВ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан, t.chigambayev@aes.kz

Құрман Нұрбол Мәдениетұлы, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, г. Алматы, Қазақстан., nurbol.kusman@gmail.com

РАЗРАБОТКА ЛОКОМОТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Қазақстан, t.chigambayev@aes.kz

Құрман Нұрбол Мәдениетұлы, магистр, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Қазақстан, nurbol.kusman@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность реализации системы определения препятствий для машиниста локомотива при осуществлении маневровой работы.

Целью проекта является: повышение эффективности и пропускной способности железнодорожных перевозок за счет вклада в автоматизацию путем разработки прототипа автономного обнаружения препятствий.

Ключевые слова: компьютерное зрение, выборка, метод Вальда, теорема Байеса.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.65-71

BRAKE SHOE MONITORING WITH LORA RADIO AND GPS

Chigambaev Temyrbai Otarbaevich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Yusupova Saltanat Abenovna, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Kizatov Serikkhan Rasulbekuly, Master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, s.kizatov@aes.kz

Abstract. Low Power Wiring (LPWAN) networks are gaining attention in academia and industry alike, offering the ability to connect large numbers of nodes over long distances. LoRa is one of the technologies used as the physical layer in such networks. In this article, we propose a new mechanism for collecting and transmitting monitoring information based on LoRa

technology. As a possible implementation of Low Power WAN (LPWAN), Long Range (LoRa) technology is considered the future wireless standard for the Internet of Things (IoT) because it offers competitive features such as range, low cost, and low power consumption. This makes it an optimal alternative to existing wireless sensor networks and traditional cellular technologies. However, there is limited bandwidth available for physical layer modulation in LoRa. We propose a new method for monitoring brake pads at train stations, where we transmit and receive geo data using a LoRa radio transmitter and receiver.

A monitoring device with sensors can collect real-time activity and location information and transmit it to a cloud server through a LoRa gateway. The user can check his entire history and current information through a specially designed website. The experiment was conducted to test connectivity, power consumption and performance monitoring of the entire system. Experimental results show that this system can accurately collect monitoring and activity data and provide long-range coverage with low power consumption.

By implementing this method, we create a new circuit to overcome the LoRa bandwidth limitation. In this scheme, images that require a high bit rate are encrypted by the sensor as hex data and then split into packets for transmission at the LoRa Physical Layer (PHY).

Heltec ESP32 lora, BLE devices and GPS module were chosen as the basis. The algorithms necessary for them were implemented in the Arduino IDE software environment and with the help of MYSQL databases and HTML and PHP required for the server to work.

Keywords: microcontroller, brake shoes, system, server, receiver, transmitter, device.

ӘОЖ 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-65-71

Т.О. Чигамбаев, С. А. Юсупова, С.Р. Қизатов

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті

LORA РАДИОМОДУЛІ ЖӘНЕ GPS КӨМЕГІМЕН ТЕЖЕГІШ ТӨСЕУІШТЕРДІ БАҚЫЛАУ

Андатпа. Келтірілген мақала теміржол бекеттерінде қолданылатын тежегіш төсеуіштерді бақылауды жүзеге асыруға арналған жүйені іске асыруға арналған. Сигналдарды таратуға және қабылдауға қажетті құрылғылар таңдалады. Негіз ретінде Heltec ESP32 lora, BLE қондырғылары және GPS модулі таңдалынды. Олар үшін қажетті алгоритмдер Arduino IDE бағдарламалық ортасында және сервердің жұмысына қажетті HTML, PHP және MYSQL мәліметтер базасы көмегі арқылы жүзеге асырылды.

Түйінді сөздер: микроконтроллер, қабылдағыш, таратқыш, жүйе, сервер, тежегіш төсеуіш, қондырғы.

Теміржол бекеттерінде қолданылатын тежегіш [1], [3], төсеуіштерді ESP32 LoRa микроконтроллерлі негізінде орналасқан жерді және әрекетті бақылау жүйесінің архитектурасын негізінен төрт бөліктен тұрады:

- 1) Сервер.
- 2) LoRa қабылдағышы.
- 3) LoRa таратқышы.

4) WEB сайт.

Тежегіш төсеуіштердің орналасқан жері туралы ақпарат GPS арқылы көрсетілуі мүмкін. Орналасқан жер туралы ақпаратты жинау үшін біз 1-суретте көрсетілгендей LoRa құрылғысына орналастыру модулі мен қуатты басқару модульдері біздің құрылғымызда орналасқан.

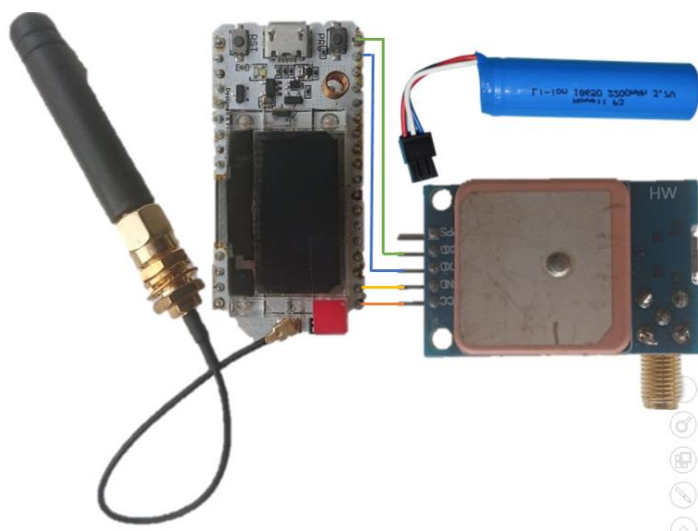


Figure 1 - Connection diagram of ESP32 LoRa microcontroller
1 сурет - ESP32 LoRa микроконтроллерінің қосылу сұлбасы

Бұл жұмыстың негізгі мақсаттарының бірі тежегіш төсеуіштердің орналасқан жерін компьютерде көрсету

болып табылады[2]. Және көрсетілу процесі 2-суретте бейнеленген.

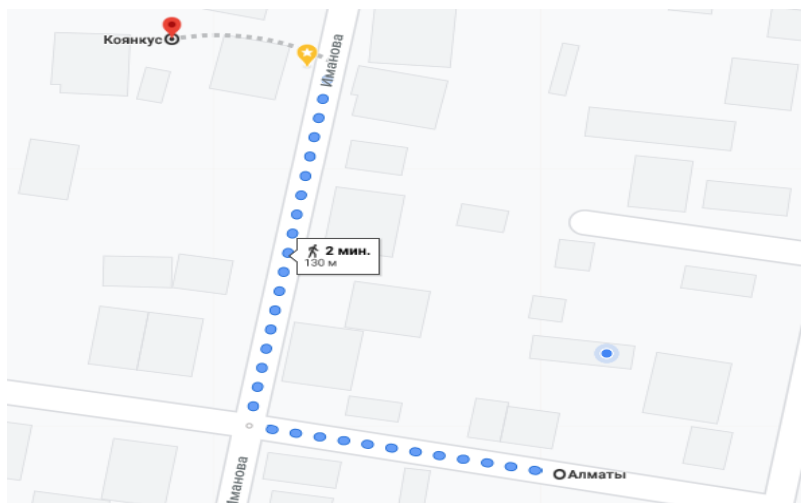


Figure 2 - Data visualization on computer
2 сурет - Мәліметтердің компьютердегі көрінісі

Қондырғының жұмыс істеу принципі, тежегіш төсеуішке орнатылған BLE датчигі таратқан сигналды ESP32 LoRa таратқыш құрылғысымен датчиктің сигналының аумағына кіргенде, датчик жөнелткен мәліметтерді өңдейді. Өңделген

мәліметтерді таратқышта орналасқан GPS модулінен түскен мәлімет екеуін біріктіріп, қабылдағышқа жібереді. Қабылдағыш өз кезегінде келіп түскен мәліметтерді wifi желісіне қосылып, серверге жібереді.

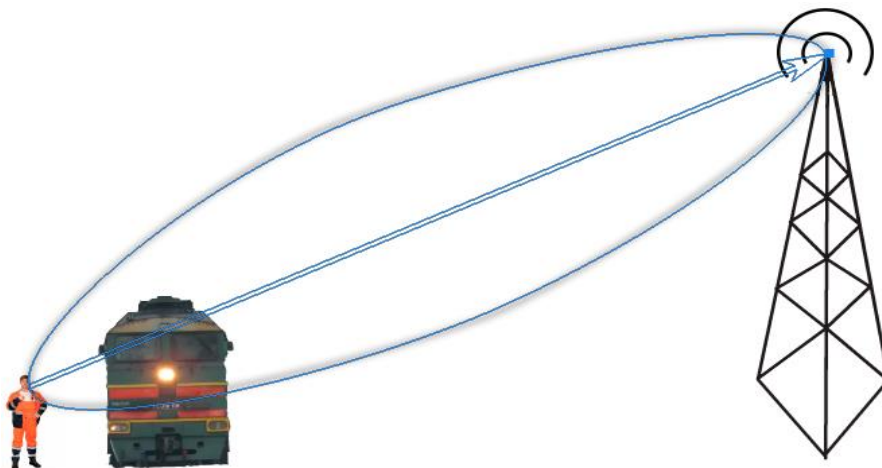


Figure 3 - Communication between transmitter and receiver
3 сурет - Таратқыш пен қабылдағыш арасындағы байланыс

Серверде MySQL мәліметтер базасы мен базадағы мәліметтерді бақылаушыға бақылауға ыңғайлы болу үшін WEB сайттың бөліктерінен тұрады. База өз

кезегінде мәліметтерге қол жеткізу ыңғайлы болуы үшін, әр тежегіш төшенішке жеке кесте құрастырылған.

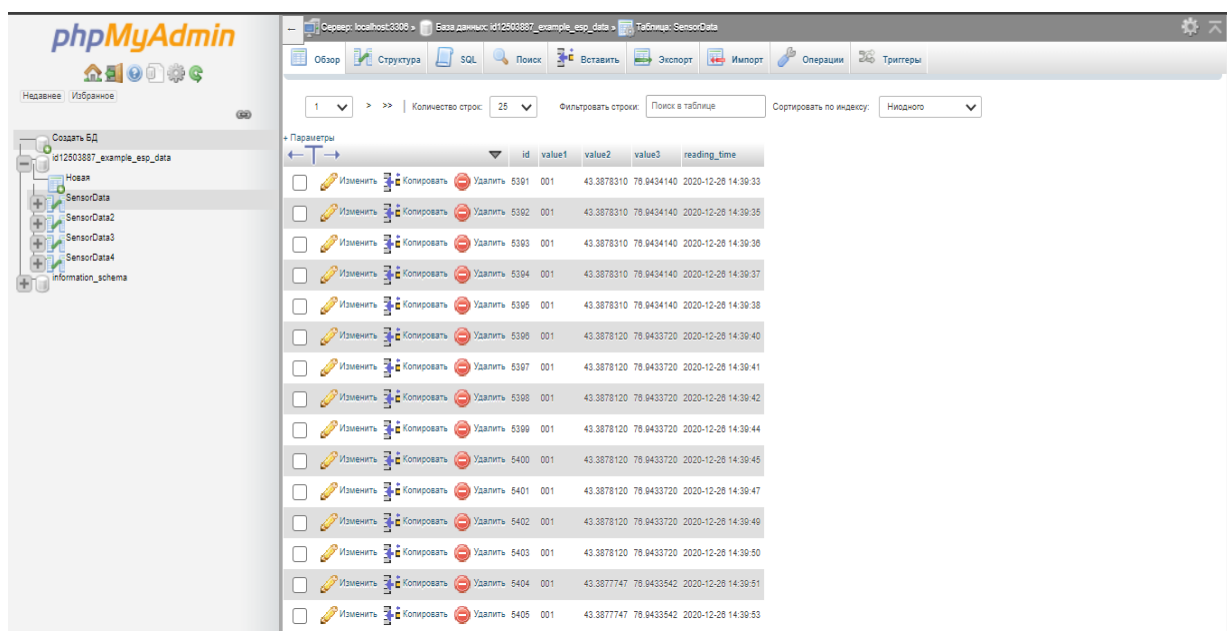


Figure 4 - Database view
4 сурет - Мәліметтердің базадағы көрінісі

Қабылдағышқа келіп түскен мәліметтер PHP скрипт көмегімен базаға жүктеледі. Ал HTML парақшасы арқылы, әр кестеге келіп түскен мәліметтерді бақылай аламыз. Кестеде тежегіш

төшеніштің реттік номері, жұмысшымен контактіге түскен соңғы нүкте мен уақыты, және сол нүктелерді визуалды бақылай алу үшін GOOGLE картаға сілтеме ұсынылады.

| ID | Device | LEN | LGN | Date/Time | Ссылка |
|-------|--------|------------|------------|---------------------|------------------------|
| 8809 | 001 | 43.3878365 | 76.9433492 | 2020-12-31 17:29:45 | ССЫЛКА |
| 15155 | 002 | 43.3878365 | 76.9433492 | 2020-12-31 17:29:49 | ССЫЛКА |
| 75 | 003 | 43.3878365 | 76.9433492 | 2020-12-31 17:30:01 | ССЫЛКА |

| ID | Работник | LEN | LGN | Date/Time | Ссылка |
|-----|----------|------------|------------|---------------------|------------------------|
| 321 | 01 | 43.3878365 | 76.9433492 | 2020-12-31 17:30:02 | ССЫЛКА |

Figure 5 - View of data on the web site
5 сурет - Мәліметтердің web сайттағы көрінісі

Вагондарды жіберуші мен қабылдаушы арасындағы сигналдың орындалуына кедергі бола ма, жоқ па, соны анықтау үшін Френель аймағының радиусы мен диаметрін келесі формулалар арқылы есептеуге болады [3]:

$$r = 8.656 \times \sqrt{\frac{D}{F}} \quad (1)$$

r = Френель аймағының радиусы
 D = Қабылдағыш пен таратқыштың ара қашықтығы (км)
 F = Қолданылатын жиілік 868MHz

$$F_{zone} \text{ Diameter} = r * 2 \quad (2)$$

Френель зонасының орта нүктесі келесілерді қолдана отырып есептелген

$$F_{zone} \text{ орташа нүктенің биіктігі} = \frac{8,5 + 1,5}{2} = 5$$

мұндағы 8,5 м және 1,5 м – сәйкесінше қабылдағыш пен таратқыштың биіктігі.

$$r = 8.656 * \sqrt{\frac{1 * 10^3}{868 * 10^6}} = 3.385 \text{ м}$$

$$F_{zone} \text{ Diameter} = 9.29 * 2 = 18,58 \text{ м}$$

$$F_{zone} \text{ Radius} = 5 - 3.385 = 1.615 \text{ м}$$

Осыдан кейін, Френель аймағының клиренсі келесі есептеулердің көмегімен қаншалықты екенін анықтау қиын емес.

$$\text{Еркін емес аймақтың пайызы} = \frac{1.615}{6.77} * 100\% = 23.86\%$$

$$\text{Френель аймағының бос бөлігі} = 100\% - 23.86\% = 76.14\%$$

Осылайша, таратқыш пен қабылдағыш арасындағы бірінші қашықтықта (1 км) Френель аймағы кедергіден 60% -дан артық болды. Бұл поезд вагондарының таратқыш пен қабылдағыш арасындағы айқын көрінуге әсер етпейді дегенді білдіреді

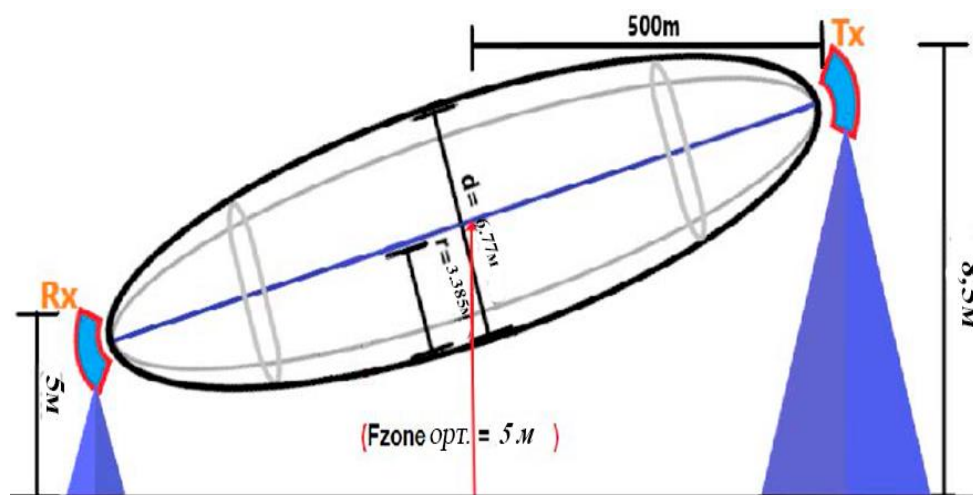


Figure 6 - Calculation of the Fresnel zone between the remote transmitter and receiver (1 km)
6 сурет - Қашықтықтағы таратқыш пен қабылдағыш арасындағы Френель аймағын есептеу (1 км)

Қорытындылар.

Мақалада теміржол бекеттеріндегі тежегіш төсеуіштерді бақылаудың интеллектуалды жүйесін жасау қарастырылды. Сигналдарды тарату және қабылдау үшін қажетті құрылғылар

таңдалады. Және оларды бақылауға арналған қолайлы web сайтты бақылай алдық. Осы құрылғының көмегімен, біз теміржол бекеттерінде орын алып жатқан тежегіш төшеніштердің жоғалуының алдын ала аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Бор, М.; Roedig, U. LoRa беріліс параметрін таңдау. Сенсорлық жүйелерде үлестірілген есептеулер бойынша 13-ші халықаралық конференцияның материалдарында (DCOSS), Оттава, ОН, Канада, 5-7 маусым 2017 ж. ; 27-34 бет.

[2] Petin V. Arduino контроллерін қолданатын жобалар. - 2-ші басылым. - SPb.: BHV-Петербург, 2015. --- 464 б.

[3] Дженс Депуйдт, LoRaWAN тек <http://jensd.be/226/network/lorawan-simply-explained> түсіндірді. [Электрондық ресурс] Қол жеткізу күні: 17.12.20

REFERENCES

[1] Bor, M.; Roedig, U. LoRa berilis parametrin tañdau. Sensorlyq jüielerde ülestirilgen esep-teuler boıynşa 13-şi halyqaralyq konferensıanyñ materialdarynda [In Russian: LoRa Transmission Parameter Selection. In Proceedings of the 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)], Ottawa, ON, Canada, 5–7 June 2017; pp. 27–34.

[2] Petin V. Proekty s ispolzovaniem kontrollera Arduino. - 2-e izd. - SPb.: BHV-Peterburg, 2015. - 464 s. [in Russian: Petin V. Projects using Arduino controller. - 2 nd ed. - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2015. - 464 p.].

[3] Jens Depuydt, LoRaWAN simply explained. <http://jensd.be/226/network/lorawan-simply-explained> [Electronic resource]. Date of the apply: 17.12.20

LORA РАДИОМОДУЛІ ЖӘНЕ GPS КӨМЕГІМЕН ТЕЖЕГІШ ТӨСЕУІШТЕРДІ БАҚЫЛАУ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, t.chigambayev@aes.kz

Юсупова Салтанат Абеновна техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, s.yusupova@aes.kz

Қизатов Серікхан Расулбекұлы, магистрант, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, s.kizatov@aes.kz

МОНИТОРИНГ ЗА ТОРМОЗНЫМИ БАШМАКАМИ С ПОМОЩЬЮ РАДИОМОДУЛЯ LORA И GPS

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Қазақстан, t.chigambayev@aes.kz

Юсупова Салтанат Абеновна, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Қазақстан, s.yusupova@aes.kz

Қизатов Серікхан Расулбекұлы, магистр, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Қазақстан, s.kizatov@aes.kz

Аннотация. Данная статья посвящена внедрению системы мониторинга тормозных колодок, используемых на вокзалах. Выбираются устройства, необходимые для передачи и приема сигналов. За основу были выбраны Heltec ESP32 lora, устройства BLE и GPS-модуль. Необходимые для них алгоритмы были реализованы в программной среде Arduino IDE и с помощью баз данных MYSQL и необходимых для работы сервера HTML, PHP.

Ключевые слова: микроконтроллер, приемник, передатчик, сервер, тормозные башмаки, система, устройство.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.71-78

RESEARCH OF THE PROCESS OF COPPER PRODUCTION WITH THE HELP OF MICROORGANISMS

Yusupova Saltanat Abenovna, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Chigambaev Temyrbai Otarbaevich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Ualiyev Ablay Askhatovich, master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, ualiyevablay@gmail.com

Abstract. Bioleaching is the extraction of metal from sulphide ores or concentrates using materials that are natural to the environment; namely water, air and microorganisms. In other words, bioleaching is the commercialization of the ability of certain naturally occurring bacteria and archaea to catalyze the oxidation of sulfide minerals. Sulfide mineral leaching distinguishes bioleaching from conventional acid leaching, in which only oxidized minerals are leached.

A related process is biooxidation. It is the oxidation of sulfide minerals associated with, but not necessarily with, the mineral of interest to be recovered. Bioleaching is today used in commercial operations to process copper, nickel, cobalt, zinc and uranium ores, while biooxidation is used in gold processing and coal desulfurization.

Since bioleaching is a natural process, one of the undesirable effects is the formation of metallic acid drainage due to the slow weathering of sulfide mineral outcrops and from abandoned mines. However, as with Rio Tinto in Spain, even this can be turned into an asset by extracting copper from such waters.

This article describes smelting and converting processes, advances in their automation, functional characteristics and configuration of automation systems for copper smelters.

Keywords: Bioleaching, biooxidation, mineral, sulphide ores.

УДК 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-71-78

С.А. Юсупова, Т.О. Чигамбаев, А.А. Уалиев

Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ

Аннотация. Биовыщелачивание — это извлечение металла из сульфидных руд или концентратов с использованием материалов, которые являются естественными для окружающей среды; а именно вода, воздух и микроорганизмы. Другими словами, биовыщелачиванием — это коммерциализация способности определенных бактерий и архей, встречающихся в природе, катализировать окисление сульфидных минералов. Выщелачивание сульфидных минералов отличает биовыщелачивание от обычного кислотного выщелачивания, при котором выщелачиваются только окисленные минералы.

В этой статье представлено описание процесса добычи меди с помощью микроорганизмов, достижения в их автоматизации, функциональные характеристики и конфигурация систем автоматизации для медеплавильных заводов.

Ключевые слова: биовыщелачивание, биоокисление, минерал, сульфидные руды.

После ранних разработок и применения в Соединенных Штатах Чили стала крупным разработчиком биовыщелачивания в промышленных масштабах. Сначала было 13 компаний, использующих биовыщелачивание, и 30 компаний в целом использовали технологию выщелачивания. На биовыщелачивание приходится примерно

10% производства меди в Чили, а выщелачивание в кучах и отвалах, в целом, составляло примерно 30% от производства меди в Чили. Первым введенным в эксплуатацию чилийским заводом стал SM Pudahuel. Завод был запущен с использованием процесса тонкослойного бактериального выщелачивания (TLB) - процесса экономии воды - и

выщелачивания оксидов меди и вторичных сульфидных минералов.

Процессы биовыщелачивания различаются в зависимости от типа обрабатываемых ресурсов. Сегодня он используется в трех разных режимах в зависимости от типа обрабатываемого сырья:

1. Выщелачивание на свалках - пустая порода, руда с низким содержанием или хвосты обогатительной фабрики (с низким содержанием, оксиды и вторичные сульфиды) выщелачиваются там, где они размещаются для захоронения.

2. Кучное выщелачивание - недавно добытый рудничный материал (промежуточное содержание, оксиды и вторичные сульфиды) откладывается в кучу на непроницаемой естественной поверхности или подушке и выщелачивается. ROM может выщелачиваться по мере добычи или может быть частично раздроблен и смешан с кислотой перед отложением в кучу.

3. Выщелачивание с перемешиванием - концентраты халькопирита среднего и высокого содержания помещаются в резервуар и выщелачиваются с помощью механического перемешивания.

Тип сырья также определяет тип вовлеченных микроорганизмов:

1. При выщелачивании свалок используются мезофильные (при температуре окружающей среды) микроорганизмы, т.е. бактерии.

2. Для выщелачивания халькопирита и выщелачивания концентрата необходимы термофильные микроорганизмы (халькопирит можно выщелачивать с помощью мезофильных бактерий; однако извлечение низкое, а время удерживания составляет несколько лет).

3. В кучном выщелачивании руды могут быть задействованы мезофильные или термофильные

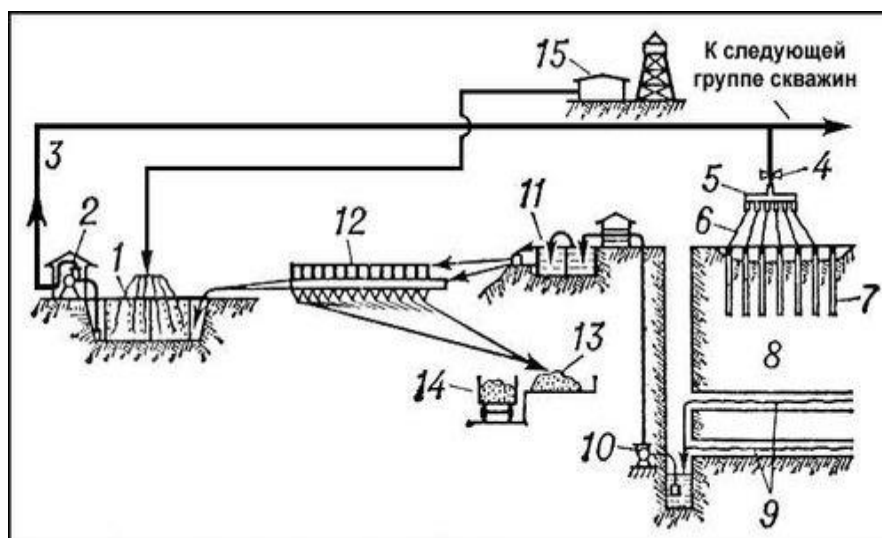


Figure 1 – Bioleaching process
Рисунок 1- Процесс биовыщелачивания

До недавнего времени обычное кислотное выщелачивание меди использовалось как средство извлечения меди из низкосортных материалов, таких как пустая порода и хвосты флотации, и проводилось на уже существующих

отвалах. По крайней мере, пять факторов препятствуют признанию выщелачивания в качестве основного коммерческого процесса:

1. Отсутствие эффективного способа извлечения металлической меди из растворов.

2. Очень низкая скорость выщелачивания.

3. Невозможность переработки сульфидных минеральных концентратов.

4. Невозможность переработки халькопирита - самого распространенного и, следовательно, наиболее экономически важного минерала меди.

5. Невозможность вернуть драгоценные металлы.

В настоящее время видны решения для устранения большинства этих препятствий.

До разработки процесса экстракции растворителем-электровыделением единственным способом извлечения меди из кислотного раствора был процесс, называемый цементацией. В этом процессе медь фактически "обменивалась" на железо путем контакта медьсодержащего раствора с железным ломом. Загрязненная металлическая медь осаждалась на поверхности железа, а электрохимический эквивалент железа переходил в раствор. Полученная цементная медь затем была переработана в плавильном и электролитическом рафинировании для получения меди высокой чистоты. С помощью процесса SX / EW теперь можно извлекать медь из железа и других примесей в растворе и дополнительно очищать и восстанавливать до металлического металла путем электролиза без необходимости плавления.

Кроме того, благодаря использованию биоокисления теперь можно выщелачивать многие минералы сульфида меди, присутствующие в руде. Хотя халькопирит остается невосприимчивым к биовыщелачиванию при температуре окружающей среды, другие минералы сульфида меди - вторичные сульфидные минералы - такие как халькоцит, ковеллит, борнит и т.д. - вымываются с помощью современных технологий.

Хорошо известно, что повышение температуры может увеличить скорость

химической реакции. Однако микроорганизмы чувствительны к температуре, и до недавнего времени, когда были введены новые штаммы термостойких микроорганизмов (термофильных), скорость реакции биовыщелачивания была слишком медленной, чтобы рассматривать процесс как процесс первичной экстракции меди.

В настоящее время в ряде организаций проводятся исследования, чтобы сделать биовыщелачивание более эффективным и коммерчески жизнеспособным процессом. Из-за того, что все еще требуется длительное время удерживания, использование технологии резервуаров с мешалкой для извлечения меди было отложено из-за ее высокой потребности в мощности для перемешивания пульпы с низкой плотностью. Chuquicamata SBL, операция кучного выщелачивания руды с низким содержанием руды, например, требует 4-летнего рабочего цикла, и даже в этом случае извлекается только около 50% содержащейся меди. Таким образом, проводятся исследования по улучшению кинетики кучного выщелачивания; то есть сокращение времени удерживания с лет до месяцев и улучшение массопереноса в реакторах с мешалкой для уменьшения времени удерживания с недель до дней. Одним из примеров являются исследования по созданию оптимальных рабочих условий, способствующих здоровью бактерий. К ним относятся: контроль температуры кучи или реактора, обеспечение питательными веществами (низкие концентрации сульфата аммония, сульфата калия и гидрофосфата диаммония) и обеспечение достаточного количества кислорода и углекислого газа для роста клеток.

Как указано выше, исходные бактерии, использованные при биовыщелачивании, были теми, которые были естественными для участка, где происходило выщелачивание. Однако, как только биовыщелачивание получило признание как потенциально жизнеспособный метод извлечения

металлов из низкосортных руд, хвостов флотации и отходов, были предприняты усилия по оптимизации бактерий для предполагаемой операции.

«Родные» бактерии, иногда называемые мезофильными бактериями, чувствительны к повышенным температурам и некоторым извлекаемым металлам. Таким образом, искались микроорганизмы, способные выдерживать более высокие температуры, термофильные (и даже гипертермофильные, т. Е., 60 ° С или выше) микроорганизмов и толерантны к извлекаемым металлам. Одним из первых мест, которые были исследованы на предмет подходящих термофильных бактерий, были горячие источники в Йеллоустонском национальном парке. Другие были горячим источником в Исландии, угольной шахтой в Западной Австралии, вулканом в Италии и свалкой в Германии.

Хотя микроорганизмы, используемые при биовыщелачивании, принято называть бактериями, строго говоря, это не так, поскольку термофилы попадают в другую классификацию микробиологии - археи. Таким образом, археи, окисляющие железо и серу, в настоящее время являются предпочтительными микроорганизмами при биовыщелачивании халькопирит-содержащих руд и концентратов.

В настоящее время штаммы микроорганизмов, используемые при

биовыщелачивании, культивированы из природных штаммов с использованием методов, которые обычно используются в других отраслях промышленности, например, в сыроварении, где также используются мезофильные и термофильные микроорганизмы. Эти штаммы идентичны тем, которые встречаются в природе. Единственное отличие состоит в том, что в некоторых случаях они были выбраны для быстрого роста на соответствующей руде или концентрате и в условиях эксплуатации завода. Эти штаммы были охарактеризованы, многие с помощью секвенирования ДНК, и включены в основные мировые индексы биологических видов. В будущем, возможно, стоит ожидать появления новых, более эффективных штаммов, введенных в результате генетических манипуляций.

Как указывалось выше, биовыщелачивание происходит в результате выщелачивания отвалов низкосортной руды, хвостов флотации и других уже имеющихся отходов. По мере развития технологии она перешла на более удобные для обработки методы: то есть выщелачивание на площадке для контролируемого выщелачивания или в резервуаре с мешалкой. Каждый из этих методов имеет свою стоимость, и поэтому, как показано на рисунке 2, содержание руды и размер частиц являются определяющими факторами при выборе процесса выщелачивания

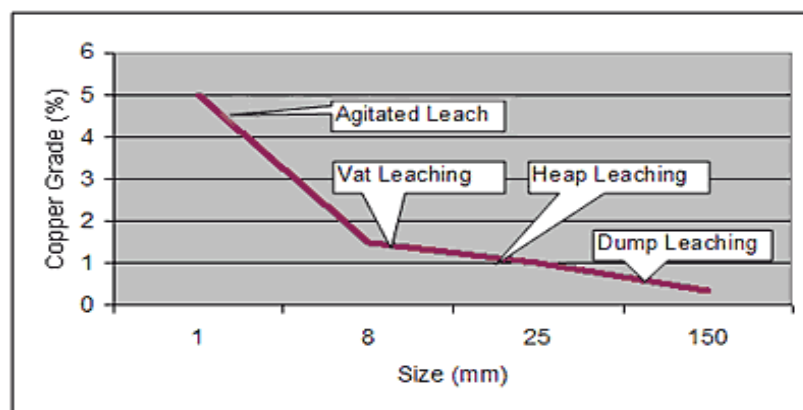


Figure 2 – Leaching process depending on the grade of ore and the size of grinding
Рисунок 2 – Процесс выщелачивания в зависимости от сорта руды и размера измельчения

Три из представленных выше процессов позволили добиться больших успехов в решении этих проблем извлечения меди из халькопирита:

Процесс GEOSOAT процесс кучного выщелачивания, позволяющий осуществлять биовыщелачивание медных концентратов. Это достигается путем нанесения суспензии концентрата на опорный камень или материал подложки и укладывания этого материала с покрытием в кучу биокисления. Сама поддерживающая порода может быть медной рудой с низким содержанием меди. Отношение поддерживающей породы к концентрату находится в диапазоне от 5: 1 до 10: 1 по массе. Кучу инокулируют термофильными бактериями, и на отвал наносят технологический выщелачивающий раствор, состоящий из серной кислоты, трехвалентного железа и питательных веществ. Воздуходувки низкого давления подают воздух через систему перфорированных труб, расположенных под отвалом. Экзотермический характер реакции окисления повышает температуру кучи по крайней мере до 50 ° C (122 ° F). Обычно окисление завершается, и медь выщелачивается в течение 210 дней.

Процесс BioCOP - проводится в реакторе с мешалкой, содержащем разбавленную серную кислоту, в который вдувается воздух, используются гипертермофильные микроорганизмы, которые работают при температуре от 60 ° C до 90 ° C. Известняк добавляют как для поддержания pH раствора, так и для обеспечения роста бактерий диоксидом углерода. Добавлены питательные вещества. Медный концентрат добавляют в реактор в количестве, обеспечивающем насыщенный раствор, содержащий 30-40 граммов на литр (который уменьшается до 20-25 граммов на литр после промывки остатка от выщелачивания) для подачи на установку SXEW. Выщелачивание концентратов халькопирита завершается в течение 10 дней выдержки.

Процесс BacTech / Mintek - проводится в серии противоточных реакторов. Два запатентованных биореактора проходят испытания в Мексике. Circoх, первоначально разработанный для биоочистки городских сточных вод и промышленных сточных вод и получивший лицензию от Raques Bio Systems BV, Нидерланды. В биореакторе Circoхиспользуется эрлифт для циркуляции твердых частиц внутри реактора и BAR (азрированный реактор BacTech). Используемые термофильные микроорганизмы работают при температурах от 25 ° C (77 ° F) до 55 ° C (131 ° F). В реакторе поддерживают pH от 0,5 до 2,5. Двуокись углерода получают из окружающего воздуха, используемого для подъема твердых частиц по воздуху. В щелок от выщелачивания добавляют питательные вещества. Срок хранения составляет порядка 30 дней.

В настоящее время в ряде организаций проводятся исследования, чтобы сделать биовыщелачивание более эффективным и коммерчески жизнеспособным процессом. Из-за того, что все еще требуется длительное время удерживания, использование технологии резервуаров с мешалкой для извлечения меди было отложено из-за ее высокой потребности в мощности для перемешивания пульпы с низкой плотностью. Chuquicamata SBL, операция кучного выщелачивания руды с низким содержанием руды, например, требует 4-летнего рабочего цикла, и даже в этом случае извлекается только около 50% содержащейся меди. Таким образом, проводятся исследования по улучшению кинетики кучного выщелачивания; то есть сокращение времени удерживания с лет до месяцев и улучшение массопереноса в реакторах с мешалкой для уменьшения времени удерживания с недель до дней. Одним из примеров являются исследования по созданию оптимальных рабочих условий, способствующих здоровью бактерий. К ним относятся: контроль температуры кучи или реактора,

обеспечение питательными веществами (низкие концентрации сульфата аммония, сульфата калия и гидрофосфата диаммония) и обеспечение достаточного количества кислорода и углекислого газа для роста клеток.

Заключение. Примерно 20% всей меди, производимой в настоящее время в мире, производится путем выщелачивания преимущественно оксидных руд. Неустановленное количество меди в настоящее время извлекается из сульфидных руд с помощью встречающихся в природе микроорганизмов. Если можно снизить затраты, эквивалентные стоимости самого процесса плавки, биовыщелачивание может быть использовано для обработки медных концентратов в ситуациях, когда капитальные затраты на плавильную печь не оправданы и / или экологические соображения исключают плавку в этом месте. Благодаря недавно разработанным технологиям, которые сейчас проходят демонстрационные испытания, и продолжающимся исследованиям улучшенных технологий, мы можем с уверенностью предсказать, что биовыщелачивание в конечном итоге будет способствовать увеличению доли меди, производимой каждый год.

Однако биовыщелачивание дает ряд преимуществ, таких как:

1. Возможность рентабельной переработки рядовых низкосортных сульфидных руд.

2. Возможность обрабатывать руды, которые невозможно выплавлять по экологическим причинам.

Можно с уверенностью сказать, что биовыщелачивание не заменит полностью плавку по крайней мере по трем причинам:

1. Биовыщелачивание не восстанавливает драгоценные металлы в руде. Драгоценные металлы часто являются важным компонентом рентабельности операций.

2. Требование к плавильному заводу производить кислоту для обычного выщелачивания и дополнять биовыщелачивание, если в рудном теле много минералов, потребляющих кислоту. Серной кислоты не хватает, и ее дорого доставлять в отдаленные районы.

3. И наоборот, в некоторых рудных телах недостаточно минералов, потребляющих кислоту, поэтому образовавшуюся остаточную кислоту необходимо нейтрализовать вне процесса выщелачивания - дорогостоящая альтернатива. В таком случае плавка будет единственным жизнеспособным способом обработки.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Хубер, Г. и К.О. Стеттер, " *Sulfolobus metallicus*, sp. nov., a novel strictly chemolithoautotrophic thermophilic archaeal species of metal-mobilizers ", Syst. Appl. Microbiol. 17, стр. 372-378.

[2] Дью, Д. В. и Д. М. Миллер, «Извлечение меди, никеля и кобальта», Патент США 6 245 125.

[3] Малуф Е.Е. и Пратер Дж.Д., Роль бактерий в изменении сульфидов, J. Metals, Нью-Йорк, v13, p353-356.

REFERENCES

[1] Huber, G and KO Stetter, "*Sulfolobus metallicus*, sp. nov., a novel strictly chemolithoautotrophic thermophilic archaeal species of metal-mobilizers," Syst. Appl. Microbiol. 17, pp 372 - 378.

[2] Dew, DW and DM Miller, "Copper, nickel and cobalt recovery," U.S. Patent 6,245,125, June 12.

[3] Malouf, E.E. and Prater, J.D., Role of Bacteria in the Alteration of Sulphide, J. Metals, New York, v13, p353-356.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ

Юсупова Салтанат Абеновна, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, s.yusupova@aes.kz

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Уалиев Аблай Асхатович, магистр, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, ualievablay@gmail.com

МИКРООРГАНИЗМДІ ПАЙДАЛАНЫШ МЫС ӨНДІРУ ПРОЦЕССИН ЗЕРТТЕУ

Юсупова Салтанат Абеновна, техника ғылымдарының кандидаты, Алматы энергетика және байланыс университеті. Г. Дәукеева, Алматы қ., Казахстан, s.yusupova@aes.kz

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Уалиев Аблай Асхатович, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан ualievablay@gmail.com

Андатпа. Биологизация - қоршаған ортаға табиғи материалдарды қолдана отырып, сульфидті кендерден немесе концентраттардан метал алу; атап айтқанда су, ауа және микроорганизмдер. Басқаша айтқанда, биологизирлеу - бұл белгілі бір табиғи бактериялар мен архейлердің сульфидті минералдардың тотығуын катализдеу қабілетін коммерцияландыру. Сульфидті минералдарды сілтілеу әдеттегі қышқыл сілтілендіруінен биологиялық сілтілеуді ажыратады, онда тек тотыққан минералдар шайылады.

Бұл мақалада микроорганизмдер көмегімен мыс өндіру процесінің сипаттамасы, оларды автоматтандыру жетістіктері, функционалдық сипаттамалары және мыс балқытатын автоматтандыру жүйесінің конфигурациясы келтірілген.

Түйінді сөздер: Биологиялық тазарту, биоксидтеу, минералды, сульфидті кендер.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.78-85

PROCESSING TECHNOLOGY OF KAZAKHSTAN COPPER ORE - PROSPECTS FROM PAST EXPERIENCE

Chigambaev Temyrbai Otarbaevich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Yusupova Saltanat Abenovna, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Ualiyev Ablay Askhatovich, master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, ualiyevablay@gmail.com

Abstract. The article is based on the use of deposits in the world and the most common beneficiation technologies. Typical elements of the current technological scheme for copper processing.

The beneficiation of ores and the reasons for their use were discussed.

The report of the researchers of the Institute of Hydrogeology and Geocology named after U.M. Akhmedsafin gives a review of energy and mineral resources of the Republic of Kazakhstan. The report shows their role in the economy of the country, as well as the role of the state for resource management, based on the current legislation in the area of exploitation of natural resources and environment protection. The report describes counteracting measures of the state against the global economy crisis events. It also reviews the existing classification systems of mineral resources of the country. Statistics on energy production and extraction of mineral resources are provided. Besides, the report considers social and ecological aspects of energy production and extraction of mineral resources. It provides data on the development of non-traditional renewable energy resources and the results of scientific research in this area, as well as information about the training system for technical and scientific staff and about the state of energy and natural resource management system of the country.

Also, the article describes some of the methods of processing Kazakh copper ores. The main proposed technologies are: abandonment, in justified cases, the separation of ore into fractions with an increased content of sandstone and carbonate ores, flotation in the grinding circuit as part of the final preparation of ore for coarser flotation, a classical cleaning system, product processing with a grinding system in new type mills, classification and tailings flotation.

Keywords: copper ore, copper, beneficiation, flotation, mill.

УДК 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-78-85

Т.О. Чигамбаев, С.А. Юсупова, А.А. Уалиев

Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева. г. Алматы, Казахстан

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ КАЗАХСТАНСКИХ МЕДНЫХ РУД – ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗ ПРОШЛОГО ОПЫТА

Аннотация. В статье описаны основные типы существующих месторождений меди в мире и наиболее распространенные технологии обогащения.

Обсуждались обогащения руд и причины их использования.

Также в статье описываются некоторые способы обработки казахстанских медных руд. Основными элементами предлагаемой технологии являются: оставление в обоснованных случаях разделение руды на фракции с повышенным содержанием песчаника и карбонатных руд, флотация в контуре помола в составе эффективной подготовки руды к более грубой флотации, классическая система очистки, обработка промышленного продукта с системой измельчения в мельницах нового типа, классификация и флотация с выпуском хвостов.

Ключевые слова: медная руда, медь, обогащение, флотация, мельница.

Казахстанские месторождения часто встречаются в мире. Тем не менее, медных руд осадочного типа довольно они обладают разными минералого-

петрографическими и физико-химическими свойствами. Сходства происходят только с рудами из региона Лужица и Мансфельд (Германия), в настоящее время не эксплуатируются. Есть также некоторые сходства в отношении белой сосны (США).

В этих условиях при разработке технологии казахстанских медных руд в 60-х гг. в прошлом веке было сложно полностью следовать опыту зарубежных объектов. Эти технологии разработаны институтом цветных металлов и прошли испытания.

В настоящее время по тем же причинам не все достижения в технологии обогащения в мире могут применяться на казахстанских обогатительных фабриках. Ограничения также накладываются существующими техническими и организационными требованиями на отдельных обогатительных фабриках. В мире около 90% добываемой меди извлекается из рудосодержащих сульфидных минералов. Основной метод обогащения – флотация.

Технологические схемы обогащения относительно просты. В большинстве случаев крупность руды направлена на обогащение крупное (степень измельчения $K_{80\%} = 120-200 \text{ м}$), время флотации короткое и схемы промпродуктов просты. Концентраты грубой флотации обычно перетираются до высвобождения сульфидов меди из других легкоплавающих минералов, таких как пирит.

Каждая технологическая схема обогащения имеет свою спецификацию в зависимости от типа обогащенной руды, но это также отражение состояния техники и периода развития техники.

В мире, с точки зрения процесса обогащения, месторождения медных руд можно разделить на следующие основные виды:

1. Порфиновые руды встречаются очень часто, и, по оценкам, более 60% меди, продукция идет с этого типа месторождения. В основном это медьсодержащие руды и медь. Также

молибденовые руды. Примеры месторождений порфира: Чукикамата и Ла-Эскондида, (Чили), Каньон Бингем (США), Грасберг (Индонезия)

2. Месторождения медьсодержащего пирита встречаются среди вулканических и вулканогенно-осадочных пород. Состав руд изменчив, обычно полиметаллический с большим количеством пирита или пирротина. Примеры: месторождения в Северной Америке.

3. Стратифицированные отложения в осадочных и метаморфических породах.

Месторождения меди залегают среди морских глинистых образований, менее мергельно. Минералы образуют связующее песчаник, микроскопические зерна, разбросанные в глинисто-карбонатных породах и жилах. Примеры стратифицированных отложений: Нчанга (Замбия), Купфершифер (Польша), Белая сосна (США).

4. Руды сульфатные прочие полиметаллического типа. К ним относятся, например, Cu-Zn-Pb, Cu-Mo, Cu-Ni, Cu-Pb руда и др.

На рисунке 1 показан пример наиболее распространенной технологической схемы обогащения медно-порфировых руд.

Порфиновые руды, хотя обычно содержат небольшое количество меди ниже 1%, относятся к легко плавящимся рудам, а полученные концентраты содержат около 30% меди.

В случае медно-молибденовых руд технологическая схема более сложна, особенно когда коллективный концентрат меди и молибдена подвергается термообработке перед отделением меди от молибдена.

Медная руда, добываемая и перерабатываемая на заводах Казахстана, имеет сложный химический состав. Для него характерна высокая изменчивость восприимчивости к обогащению. Основная причина заключается в том, что руда встречается в трех литологических разновидностях: карбонатная, сланец и песчаник с разными физическими и

химическими свойствами. Сланцевая руда, самая богатая среди всех этих вариаций, она характеризуется наихудшей обогащенностью. Её доля в месторождения неуклонно увеличивается, но колеблется даже в пределах одного и

того же района добычи. Это напрямую влияет на основные параметры месторождения: доля отдельных литологических фракций, содержание меди и следовательно, характеристики обогащения эксплуатируемой руды.

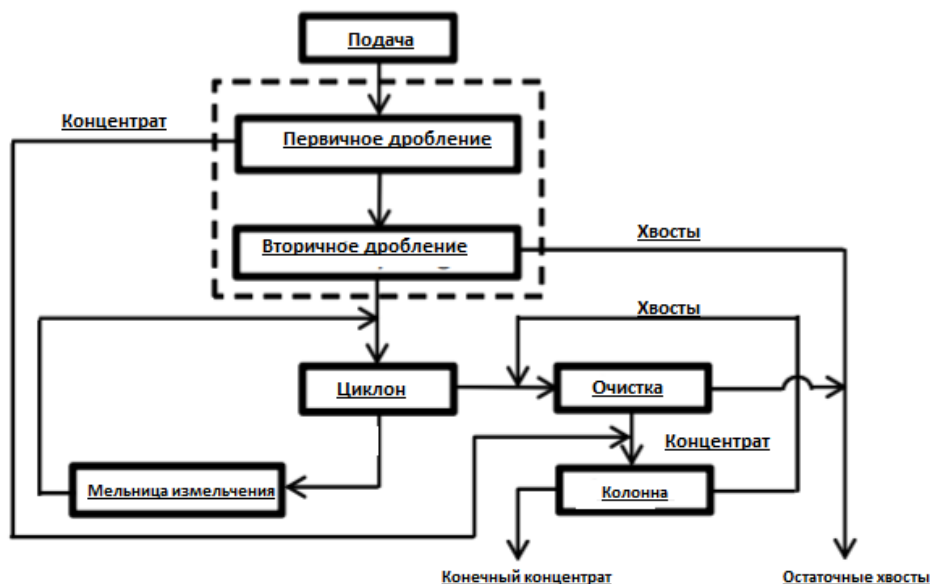


Figure 1 – A typical flowsheet used in the flotation process of porphyry copper
Рисунок 1- Типовая технологическая схема, используемая в процессе флотации медно-порфирирового сплава

Органические компоненты, появляющиеся в отечественных медных рудах, в основном в сланцевом слое, являются основной причиной трудностей, возникающих в процессе флотации. Их присутствие в рудах существенно определяет ход процесса.

В случае казахстанских медных руд этот вид флотации не принес удовлетворительных результатов и не нашел практического применения. Кроме негативного влияния на процесс флотации, проблема также заключается в содержании органических компонентов в производимых медных концентратах. В настоящее время эта проблема частично решается за счет использования раздельной флотации и производством двух концентратов с разным содержанием органического углерода.

Особая роль в технологии обогащения казахстанских медных руд принадлежит флотации при

помоле. Основная задача этой флотации - удалить из системы классификации-измельчения концентрат для очистки флотации. Предотвращает чрезмерное измельчение выделившихся сульфидов меди. Иначе, эти минералы накапливаются в нижнем продукте гидроциклонов из-за более высокого удельного веса по отношению и к пустой породе. Затем они передают ненужную фрагментацию, иногда до уровня предотвращения эффективной проходимости. Благодаря этому они в большем количестве попадают в хвостохранилища. Эффекты флотации в контуре измельчения хорошо иллюстрируется анализом содержания меди в материале, рециркуляция в мельницу в зависимости от гранулометрического состава. На рисунке 2 показано содержание меди в гранулометрическом составе, где 1 - продукт, рециркулируемый на мельницу без использования флотации и контур

измельчения, в то время как 2,3 - это продукты, возвращаемые в мельницу с использованием флотации в контуре измельчения.

Флотация в контуре измельчения может осуществляться в обычных флотационных машинах. Это также может быть осуществлено в специальных строительных машинах. Машины специальной конструкции типа ИЗ-9С, ИЗ16С работали в 90-е годы прошлого века на всех участках обогатительных фабрик. Корм для машин этого типа был продукт недоработки шаровых мельниц или гидроциклонов. Следовательно, они работали с высокой плотностью суспензии

и при относительно крупном размере частиц.

Целью флотации, как и в классической флотации в контуре измельчения, было удаление сульфидов меди на стадии первичного обогащения. Полученные концентраты были высокого качества соответствовали качеству конечного концентрата. Это благоприятно сказалось на обращении промышленного продукта и стабильного производства конечного концентрата. Стоит подчеркнуть, что низкое содержание органического углерода в концентратах было получено именно здесь.

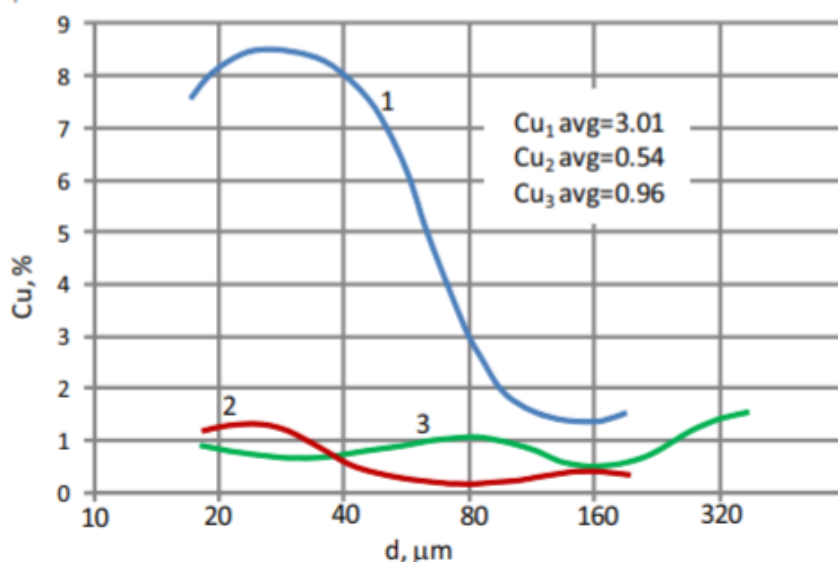


Figure 2 – Copper content in size distribution
Рисунок 2 - Типовая технологическая схема

В технологии обогащения казахстанских руд, в отличие от порфириновых руд, применяется более грубая флотация, которая характеризуется длительным временем флотации. Система более грубой флотации оказывает значительное влияние на конечные показатели обогащения, потому что она напрямую определяет потери меди в хвостах. Это также влияет на качество конечного концентрата. Это качество повышается по мере увеличения содержания меди в концентрате от более грубой флотации. Минимизация потерь

меди в хвостах, особенно в грубые классы могут быть достигнуты путем оптимизации, например, классификации подачи для более грубой флотации в гидроциклонах.

Из-за неизбежного ухудшения добываемых руд естественной тенденцией будет снижен индекс обогащения. Поэтому важным элементом является анализ возможных мер по сдерживанию этих негативных тенденций. В последние годы было проведено много работ по модернизации обогатительных фабрик. Например были заменены флотационные

машины, внедрили ряд решений в области флотации автоматическое управление (система FloVis), продолжается модернизация систем классификации в гидроциклонах.

В дополнение к усилиям по модернизации, включая внедрение новых устройств, также должны потребоваться действия по адаптации технологических схем к изменяющимся характеристикам руды и металлургическим требованиям. Перспективная технология должна учитывать лучшее из мировых технологий обогащения руды, но также учтены более чем 50-летний опыт работы отечественных заводов.

Будущая технология должна включать в себя следующие основные элементы как на рисунке 3:

а) подготовка руды к флотации с учетом растворов, имеющих наиболее благоприятные промышленные ссылки. Традиционное трехступенчатое дробление либо в конусных дробилках, либо в мельницах. Использование мельниц полу-самоизмельчения позволило бы значительно сократить количество операций и единичных процессов по сравнению с многоступенчатой схемой измельчения в конусных дробилках с одновременная возможность получения более мелкого корма для шаровых мельниц;

б) переработка на заводе смешанной руды с относительно постоянной долей песчаников и карбонаты стоит учесть, чтобы сохранить разделение на фракции с более высокой долей песчаники и карбонаты с раздельной их обработкой. Это позволяет регулировать рабочий параметры отдельных систем (помол, флотация, переработка промышленного продукта) до самых разных требования по обогащению отдельных фракций;

с) необходимо увеличить интенсивность флотации в контуре помола. Это важная часть выполнения требования подготовки корма для более грубой флотации (обезвоживание корма) и стабилизации производства конечного концентрата;

д) реализация очистки в двух- и трехступенчатой системе;

е) изменение способа обезвоживания конечного концентрата путем проведения процесса повышения температуры.

Размышляя о технологиях будущего, нельзя забывать о важности развития машиностроительного и технологического оборудования, новые флотационные реагенты, в том числе активаторы, содержащие в своем составе новые функциональные группы для улучшенной адсорбции существующих или новых коллекторов на поверхности из сульфида меди. Обработка является важным элементом горно-металлургического процесса производства меди. Конечные показатели процесса обогащения, т.е. восстановление и качество концентрата, должны быть связаны не только с обогащением руды, но и надо учитывать экономический баланс всей производственной линии, включая определенный уровень фондового рынка цены на медь и серебро.

Выводы.

Технология обогащения казахстанских медных руд разработана с учетом их специфических свойств. В разные сроки применения достигнуты высокие показатели обогащения. Накопленный опыт прошлого позволяет развивать технологии будущего. Это не означает отказ от новых решений, особенно в области машин и оборудования, управления технологическими процессами и внедрения новых флотационных реагентов.

Важно рассматривать переработку как важный элемент горно-металлургического процесса для производства меди. Металлургия предъявляет особые требования к производимому концентрату, достижение которых составляет отдельную оптимизирующую задачу. Будущая переработка должна состоять из технологий, которые наверняка использовать более чем пятидесятилетний потенциал знаний в области производства

концентратов, пирометаллургические и обеспечивающие комплексное извлечение гидromеталлургические процессы, содержащихся в них металлов.

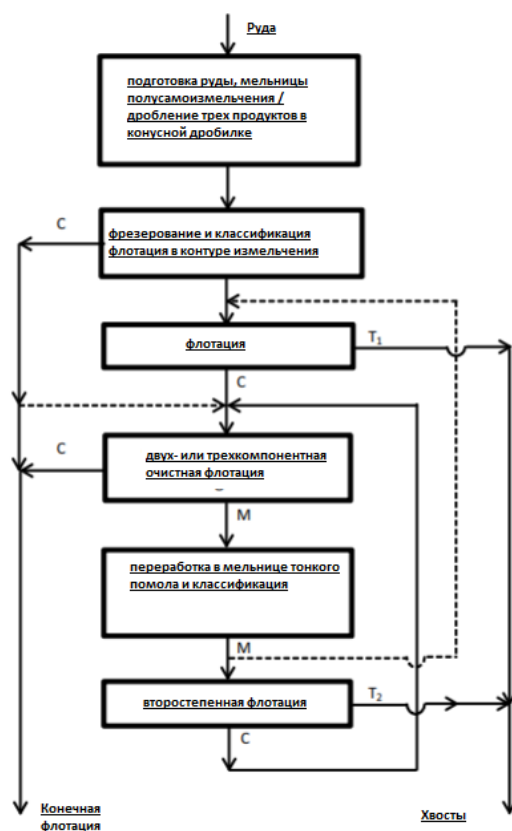


Figure 3 – Proposed flowsheet for mixed ore processing

Рисунок 3 - Предлагаемая технологическая схема переработки смешанной руды

ЛИТЕРАТУРА

[1] Младенцев Г.Д., Ефименко С.А., Яковец А.Ф. Применение экспрессного опробования руд на Дзержкаганском комбинате // Цветная металлургия. - 1978. - № 19. - С. 38-40.

[2] Ломоносов Г.Г., Жигалов М.Л. Основные принципы управления качеством руд на подземных рудниках // Горный журнал. - 1991. - № 2. - С. 21-23

[3] Классификация методов анализа минерального сырья по точности результатов. Отраслевой стандарт ОСТ-41-08-205-04 (старые редакции: ОСТ-41-08-205-81, ОСТ-41-08-205-99). - М: ВИМС, 2004. - 42с

REFERENCES

[1] Babies G.D., Efimenko S.A., Yakovets A.F. *Primenenie ekspressnogo oprobovaniya rud na Dzhezkazganskom kombinatе* [In Russian: Application of X-ray radiometric method for express sampling of ores at the Dzhezkazgan plant] // Non-ferrous metallurgy. - 1978. - No. 19. - S. 38-40.

[2] Lomonosov G.G., Zhigalov M.L. *Osnovnye principy upravleniya kachestvom rud na podzemnyh rudnikah* [In Russian: Basic principles of ore quality management in underground mines]. // Gornyi Zhurnal. - 1991. - No. 2. - S. 21-23

[3] *Klassifikaciya metodov analiza mineral'nogo syr'ya po tochnosti rezul'tatov* [In Russian: Classification of methods for the analysis of mineral raw materials according to the accuracy of the results]. Industry standard OST-41-08-205-04 (old editions: OST-41-08-205-81, OST-41-08-205-99). - M: VIMS, 2004.- 42s

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ КАЗАХСТАНСКИХ МЕДНЫХ РУД – ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗ ПРОШЛОГО ОПЫТА

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Юсупова Салтанат Абеновна, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, s.yusupova@aes.kz

Уалиев Аблай Асхатович, магистр, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, ualievablay@gmail.com

ҚАЗАҚСТАН МЫС РУДАСЫН ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ - ӨТКЕН ТӘЖІРИБЕНІҢ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Юсупова Салтанат Абеновна, техника ғылымдарының кандидаты, Алматы энергетика және байланыс университеті. Ғ. Даукеева, Алматы қ., Казахстан, s.yusupova@aes.kz

Уалиев Аблай Асхатович, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан, ualievablay@gmail.com

Андатпа. Мақалада әлемдегі қолданыстағы мыс кен орындарының негізгі түрлері және байыту технологиялары кеңінен таралған.

Кендерді байыту және оларды пайдалану себептері талқыланды.

Сондай-ақ, мақалада қазақстандық мыс кендерін өндеудің кейбір әдістері сипатталған. Ұсынылып отырған технологияның негізгі элементтеріне мыналар жатады: негізді жағдайларда кенді құрамындағы құмтас және карбонат кендерінің құрамы жоғарырақ фракцияларға бөлу, кенді ірі флотацияға тиімді дайындау бөлігі ретінде ұнтақтау схемасына флотация, классикалық тазарту жүйесі, жаңа типтегі диірмендерде ұнтақтау жүйесімен өнеркәсіптік өнімді өндеу, қалдықтарды шығарумен жіктеу және флотация.

Түйінді сөздер: мыс рудасы, мыс, байыту, флотация, диірмен.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.85 -92

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF UNMANNED AERIAL VEHICLE OF THE «BIRD» TYPE

Chigambaev Temyrbai Otarbaevich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Zhexenbayev Yelaman Yerzhanuly, Master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

Abstract. This article discusses the development and research of unmanned aerial vehicle of the «bird» type.

The popularity and applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) are expanding: delivery of small-sized purchases, aerial photography, search for missing people, organization of video surveillance in online mode, sports races, entertainment flights, and others.

«Bird» type UAVs are used for various purposes. They are most widely used in the military industry, where they are excellent devices for tracking on the ground. Another advantage of this type of equipment in the military industry is the lack of personnel, which minimizes the value of the human factor and human loss. Shunting is an off-train movement of rolling stock within the station, and in some cases, with departure to the stage

The relevance of the use of UAVs stems from their advantages: low losses, high mobility, minimization of victims. The main applications are military, civil, and scientific. In military and civilian areas, the most popular applications are monitoring and photo / video shooting. A large number of applications - for environmental monitoring and obtaining samples of various objects, including those from inaccessible areas and places of emergency events. Images can be obtained with high detail and are widely used in construction, control of real estate objects, land plots, and engineering and geodetic surveys.

Keywords: unmanned aerial vehicle, bird, flight, aerodynamics, transmitter, receiver.

УДК 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-85-92

Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев

Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы қ., Қазақстан

«ҚҰС» ТИПІНДЕГІ ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ КӨЛІГІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Бұл мақалада «құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігі әзірленіп зерттелінді. Ұшқышсыз әуе көлігін әзірлеу үшін қажет элементтер таңдалынды. Басқару жүйесіндегі қабылдағыш және таратқыш ретінде ресейлік «Serplus» фирмасы таңдалынды.

Түйінді сөздер: ұшқышсыз әуе көлігі, құс, ұшу, аэродинамика, таратқыш, қабылдағыш.

Ұшқышсыз әуе көліктерінің (ҰӘК) қарқынды дамуы қазіргі уақытта олардың кеңістіктік қозғалыс басқару жүйесін әзірлеу проблемасын өзектендіреді. Бола тұра ұшуды басқаратын автоматтандырылған борттық жүйелерге қойылатын талаптар ұдайы өсуде. Әсіресе, бұл қанаты бар ұшқышсыз әуе көліктерін жобалау сияқты перспективалы бағытқа қатысты. Мұндай класты аппараттар классикалық схемалар бойынша құрылған ұшқышсыз әуе көліктерімен

салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Бұл олардың азаматтық (радиорелелік байланыс, қоршаған ортаның мониторингі), сондай-ақ әскери бақылау, барлау мақсаттарда қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді [1].

Дәстүрлі ҰӘК схемаларының (ұшақтық, тікұшақтық) ұшу режимдеріне сипатт ама-лы кемшіліктер тән. Жеңіл авиациясы үшін өте маңызды болып келетін қасиет – энергияны аз тұтыну тікұшақтарға тән емес. Ал ұшақтардың маневрлігі өте

шектеулі. Бұл платформалардың артықшылықтары оларға тән кемшіліктерсіз «Құс» типіндегі ҰӘК-де іске асырылуы мүмкін. Классикалық схемалардың ҰӘК-мен салыстырғанда мұндай аппараттар пайдалануда қауіпті емес [2].

Ұшу – көптеген құстардың қозғалысының негізгі тәсілі. Оларға тамақ іздеуге, қоныс аударуға және жыртқыштардан өздерін құтқаруға көмектеседі.

Құстардың ұшуының аэродинамикалық көрінісі күрделі, ал оның сипаты жекелеген топтар мен түрлерде өте әртүрлі. Шешуші факторлар ретінде қанаттар құрылысының ерекшеліктерін, түкті қауырсындардың ұзындығы мен пропорциясын, құстың дене салмағының оның қанаттарының ауданына қатынасын, бұлшық еттің даму дәрежесін айтуға болады [3].



Figure 1 – Forces acting on the bird's wing during flight
1 сурет - Ұшу кезінде құс қанатына әсер ететін күштер

Ұшқышсыз әуе аппараттарының үлгілерін зерттеу және әзірлеу ғылыми-зерттеу жұмыстарының өзекті бағыттары болып табылады. Көптеген зерттеулер аппараттың құрылымын жетілдіруге және ұшқышсыз әуе аппараттарының басқару жүйесіне өзгерістер енгізу арқылы қолданыстағы ұшқышсыз әуе аппараттарының ұшу сипаттамаларын жақсартуға бағытталған.

«Құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көліктері бионикалық қағидатқа негізделген. Яғни, ұшатын тірі объектілер – құстар мен жәндіктердің ұшу

қозғалыстарын көшіретін принциппен ұшады.

Қазіргі ұшу аппараттарының алдында құстар мен ұшатын жәндіктердің басты артықшылықтары – олардың энергия тиімділігі мен маневрлігі [4].

«Құс» типіндегі ұшу аппаратының құрылымы фюзеляждан, оған жалғанған қанаттардан (2 немесе одан көп) және құйрықтан (міндетті емес) тұрады. Қанаттар мен құйрыққа салынған еркіндік дәрежесіне байланысты модельдің басқарылуын және оның маневрлігін өзгертуге болады.

Құстардың қозғалыстарын имитациялауға негізделген аппараттар орнитоптер атауын алса, ұшатын жәндіктердің қозғалысын көшіретін аппараттар энтомоптер деп аталады. Виноградов И.Н. бойынша құс ұшуының бірнеше режимін ажыратады. Құстардың ұшуының ең көп таралған режимдері: сермеу, жоспарлаушы, қалықтау, пропеллерлі, парашютталған ұшу. Ұшудың әрбір режимі ұшу сипаттамаларының жеке жиынтығына ие және құс қозғалысының тиісті түріне негізделген. Мысалы, сермеу, пропеллерлі, жоспарланған ұшу түрлерінің принциптері көлденең белгіленген қозғалыс кезінде пайдаланылады;

парашюттік ұшудың принципі 40-60° бұрышпен тік түсу үшін және қону кезінде пайдаланылады; вибрациялық ұшу құстарға ауада "тұрақтауға" мүмкіндік береді және т. б. [5].

Қазіргі заманғы «құс» типіндегі ұшу аппараттары ұшудың таңдалған қағидасына сәйкес әзірленеді, өйткені оны іске асыру үшін аппараттың тиісті конструкциясы, қанаттар мен корпустың материалдары және арнайы басқару жүйесі қажет.

«Құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігінің конструкциясы AutoCAD программасында салынған. Қанаттары майлар материалынан жасалынған.

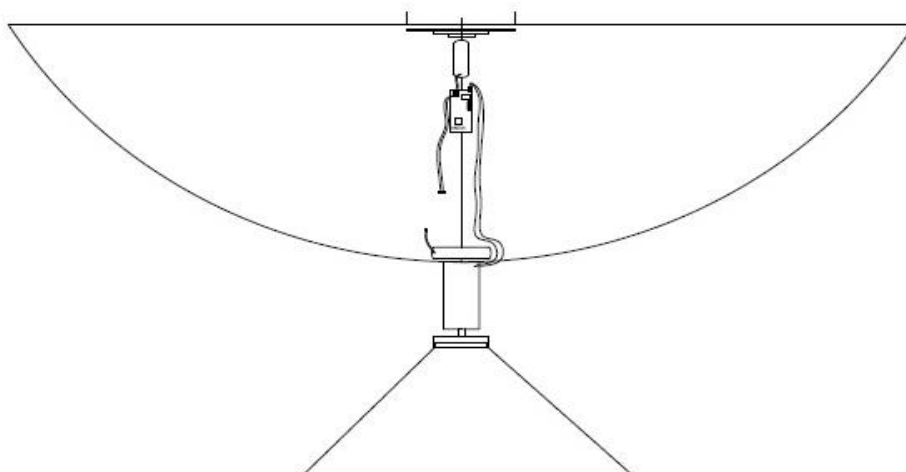


Figure 2 – Unmanned aerial vehicle design
2 сурет - Ұшқышсыз әуе көлігінің конструкциясы

Басқару жүйесі ретінде ресейлік Serplus таратқышы мен қабылдағышы таңдалынды. Бұл басқару жүйесі

қарапайымдылығына және бағасына байланысты өте тиімді

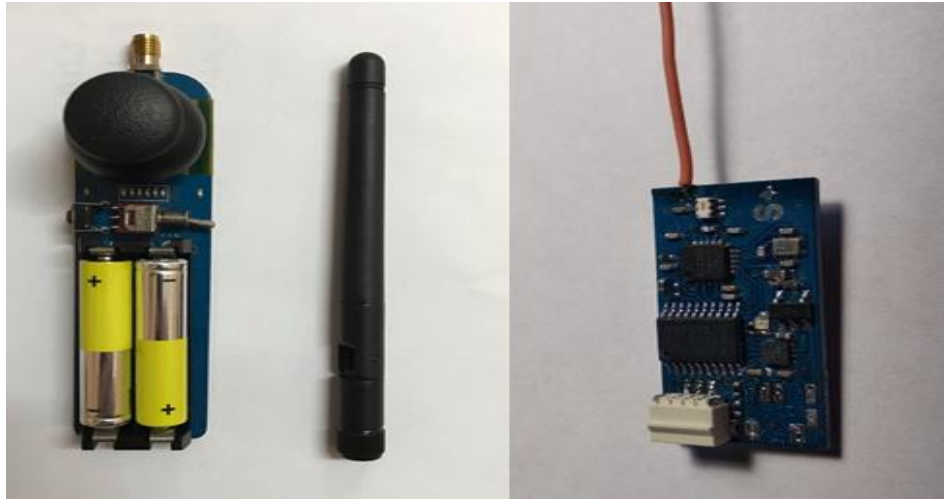


Figure 3 – Unmanned aerial vehicle control system
3 сурет - Ұшқышсыз әуе көлігінің басқару жүйесі

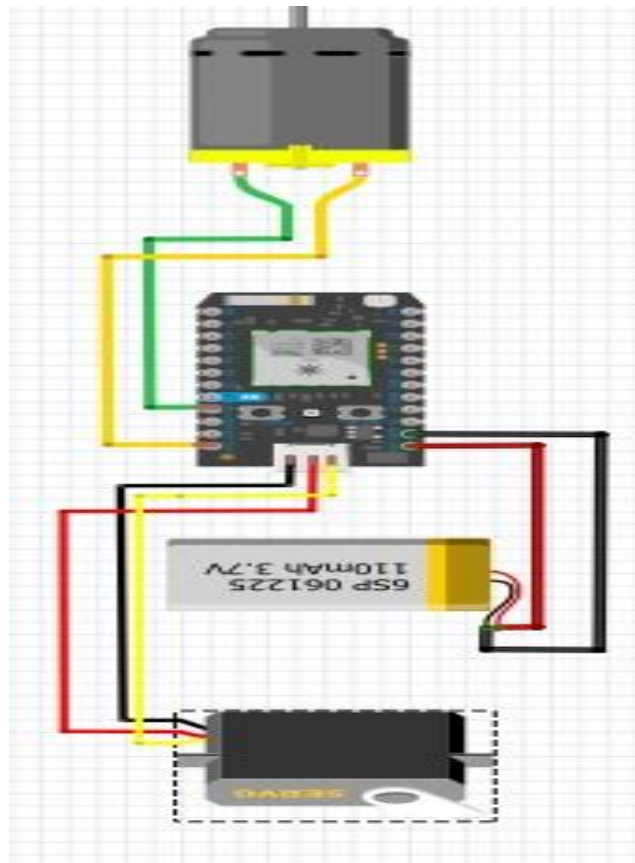


Figure 4 – Diagram of the connection of elements located in the fuselage of the bird
4 сурет - Құстың фюзеляжінде орналасатын элементтердің қосылу сұлбасы

Барлық бөлшектер, яғни мотор, қорек көзі, сервомашина 4 суреттегі

сұлбаға сәйкес Sepplus қабылдағышына дәнекерленген.

Құстың қанатын қозғалысқа әкелетін механизм, яғни редуктор механизмі көмірпластик, тісті доңғалақтар

және ең басты бөлшек – coreless 7*16 моторынан тұрады. Жиналған редуктордың түрі 5-суретте келтірілген.

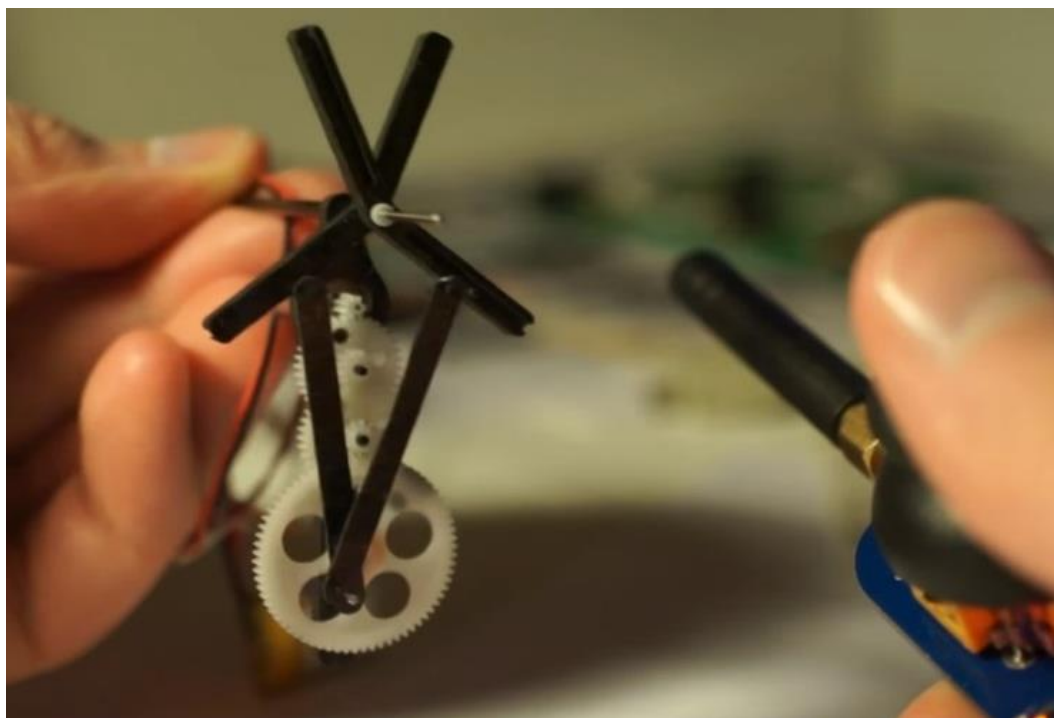


Figure 5 – Checking the working capacity of the gearbox
5 сурет - Редуктордың жұмыс істеу қабілетін тексеру

6-суретте сервомашинаның, яғни қозғалысқа әкелетін негізгі механизмді құрайтын құрылымының көрсетілген.

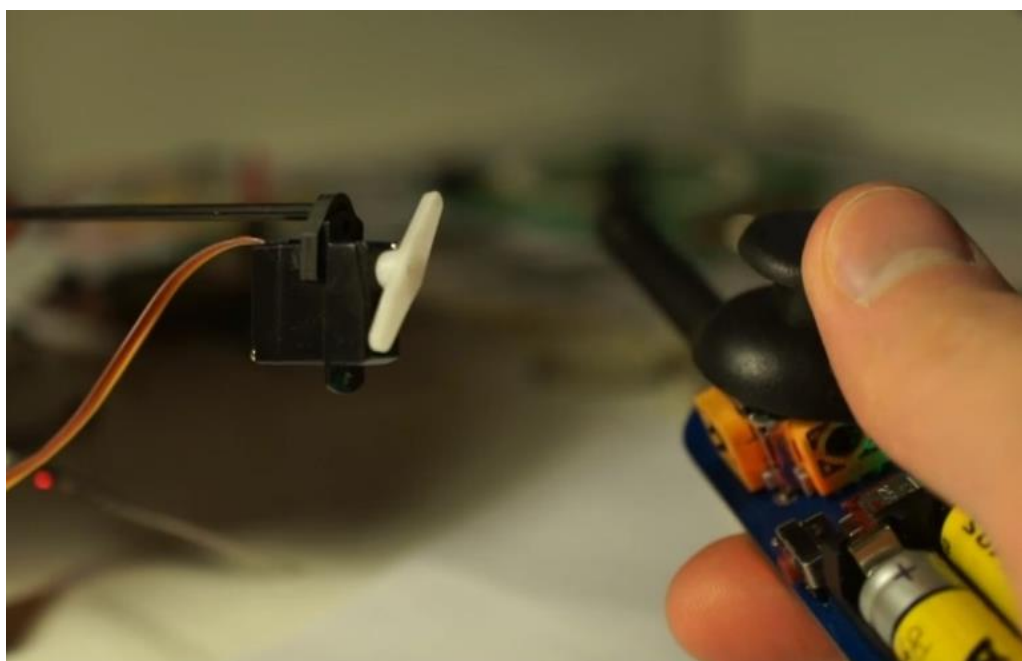


Figure 6 – Checking the working capacity of the servomachine
6 сурет - Сервомашинаның жұмыс істеу қабілетін тексеру

7 суретте қабылдағыш пен LiPo қорек көзі бейнеленген

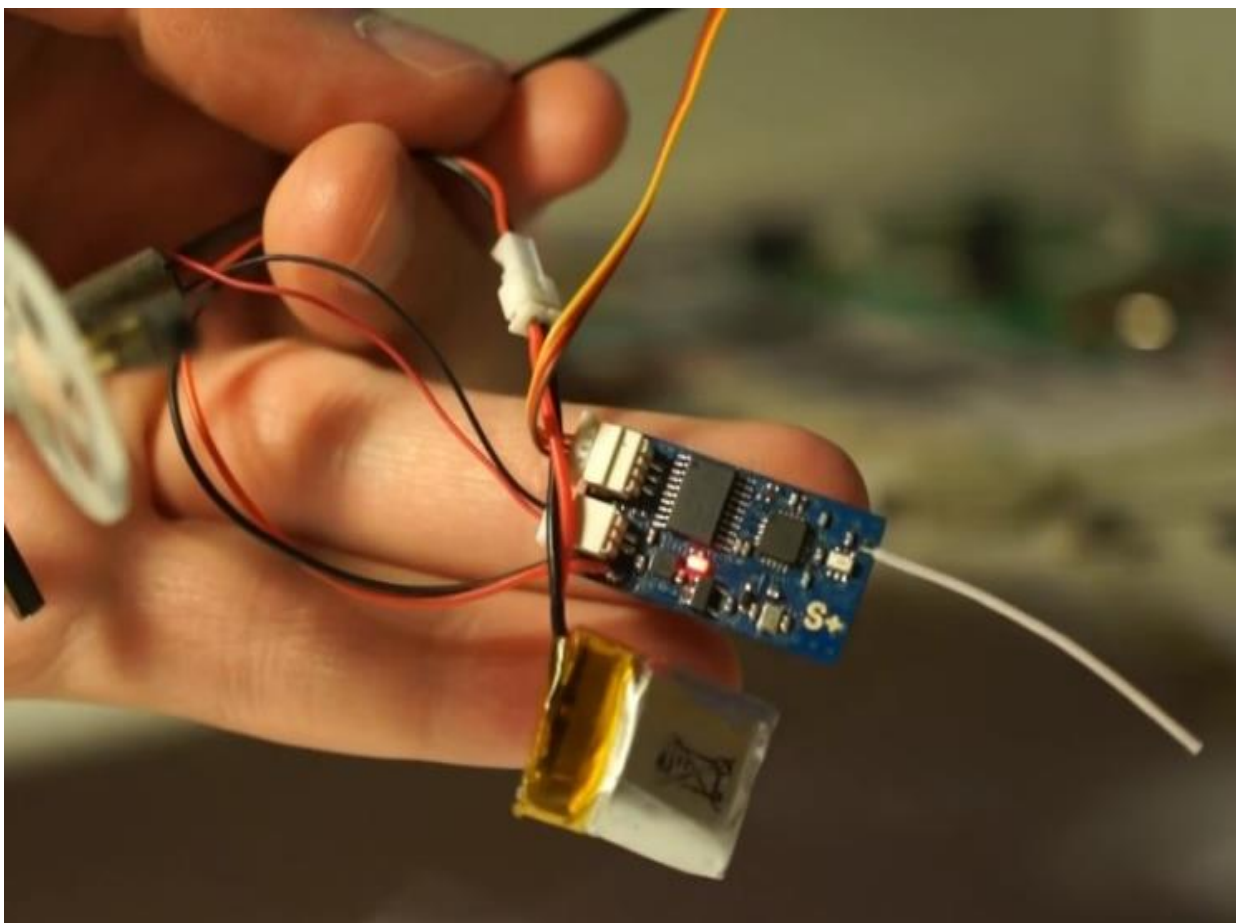


Figure 7 – Checking the working capacity of the receiver
7 сурет - Қабылдағыштың жұмыс істеу қабілетін тексеру

Қорытынды. Ұшатын әуе көлігін әзірлеу әрқашан үлкен қиындық пен қызығушылық тудырады. «Құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігінің тиімділігі және оның қолданысы әлі де тәжірибелік

деңгейде екенін және де бұл ұшудың жаңа бір тәсілі екенін түсінуіміз керек. Бұл әуе көлігінің басқару жүйесін дамытып, маневрлігін әлі де жақсартуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Колесников А.А., Кобзев В.А. Динамика полета и управления [Текст]: синергетический подход // Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009.

[2] Per-Olof Person, David J. Willis, Jaime Peraire. The Numerical Simulation of Flapping Wings at Low Reynolds Numbers [Текст] // 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 4-7 January 2010, Orlando, Florida.

[3] Tobalske B.W., Altshuler D.L., Powers D.L. (2004). “Take-off mechanisms in hummingbirds”: 1345–1352.

[4] Лобановский Ю.И. Элементарная теория машущего полета, 2008

[5] Виноградов И.Н. Аэродинамика птиц-парителей. М.: ДОСААФ, 1951. 128 с.

REFERENCES

- [1] Kolesnikov A.A., Kobzev B.A. of the flight and control // Taganrog, 2009.
- [2] Per-Olof Person, David J. Willis, Jaime Peraire. The Numerical Simulation of Flapping Wings at Low Reynolds Numbers [Текст] // 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 4-7 January 2010, Orlando, Florida.
- [3] Tobalske B.W., Altshuler D.L., Powers D.L. (2004). “Take-off mechanisms in hummingbirds”: 1345–1352.
- [4] Lobanovskiy Y.I. Elementary theory of flapping flight, 2008
- [5] Vinogradov I.N. Aerodynamics of birds, 1951. P 128.

«ҚҰС» ТИПНДЕГІ ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ КӨЛІГІН ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, t.chigambayev@aes.kz

Жексенбаев Еламан Ержанулы, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БПЛА ТИП «ПТИЦА»

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Жексенбаев Еламан Ержанулы, магистр, Алматинский университет энергетике и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

Аннотация. В данной статье был разработан и исследован беспилотный летательный аппарат типа «Птица». Были выбраны элементы, необходимые для разработки беспилотного летательного аппарата. В качестве приемника и передатчика в системе управления была выбрана российская фирма «Serplus».

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, птица, полет, аэродинамика, передатчик, приемник.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.92-102

DESIGN OF A «BIRD» TYPE UNMANNED AERIAL VEHICLE

Chigambaev Temyrbai Otarbavich, Cand.Sc.(Tech.), Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, t.chigambayev@aes.kz

Zhexenbayev Yelaman Yerzhanuly, Master student, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeev, Almaty, Kazakhstan, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

Abstract. We are concentrating on the aerial vehicles; want to integrate our ideas and work to develop a new type of flight system to improve the control and maneuvering abilities of flying UAVs or drones. Our logic is nothing can fly efficient as the birds do. So copying from the flying behavior of it, is possible to gain all the abilities like the bird.

In this research we developed an airframe of an unmanned aerial vehicle (UAV) mimics anatomy and control mechanism of a bird. The objective is to get a UAV with shape of a bird with maximum take-off weight (MTOW) of 600 gr. Bird species that referred in the design is Euroasian sparrowhawk, *accipter nisus*. This species has wing span of between 59 to 80 cm and length of between 29 to 41 cm. Sparrowhawk is one of bird species that fly mostly in gliding and soaring maneuver. During gliding and soaring, the wing is spread wide just like a fixed-wing aircraft. The control mechanism of bird also applied to the UAV. The outer wing of the UAV can change its angle of attack to mimic morphing ability of bird's wing. The tail of the UAV only consist of horizontal stabilizer, which can be rotate in 2 axis, x-body axis and parallel to the y-body axis. The aerodynamic and flight stability calculation of the design are done by using theoretical equations. We found that the design and configuration that has been developed is stable. From this research, we got design of a bird-like fixed-wing UAV with a good quality in aerodynamics and flight stability analysis and calculations.

Keywords: bird, fixed-wing, UAV, aircraft design, biomimetic, flight, aerodynamics

УДК 681.3(075.8)

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-92-102

Т.О. Чигамбаев, Е.Е. Жексенбаев

Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан

КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ТИПА «ПТИЦА»

Аннотация. В этом исследовании мы разработали планер беспилотного летательного аппарата (БПЛА), имитирующий анатомию и механизм управления птицы. Задача - получить БПЛА в форме птицы с максимальной взлетной массой 600 гр. Вид птиц, упомянутых в дизайне, - евразийский перепелятник, *accipter nisus*. У этого вида птиц размах крыльев от 59 до 80 см и длина от 29 до 41 см. Ястреб-перепелятник - один из видов птиц, которые летают в основном в планирующем и парящем маневрах. Во время планирования и парения крыло расправлено, как у самолета с неподвижным крылом. Механизм управления птицей применен и к БПЛА. Наружное крыло БПЛА может изменять угол атаки, чтобы имитировать способность к морфингу крыла птицы. Хвостовая часть БПЛА состоит только из горизонтального стабилизатора, который может поворачиваться по двум осям, оси X и параллельно оси Y. Расчет аэродинамики и устойчивости полета конструкции выполнен с использованием теоретических уравнений. Мы обнаружили, что разработанный дизайн и конфигурация стабильны. В результате этого исследования мы получили проект БПЛА с неподвижным крылом, напоминающий птицу, с хорошим качеством аэродинамики и анализа и расчетов устойчивости полета.

Ключевые слова: птица, самолет, БПЛА, конструкция самолета, биомиметика, полет, аэродинамика

Птица - природный летчик, она была источником вдохновения при разработке самолетов. «Летун» знаменитого братьев Райтов также был разработан с учетом принципов кинематики птичьего крыла. С тех пор исследования принципа полета птиц ведутся непрерывно. Д. В. Шреяс и др. [7]

содержит обзор принципов аэродинамики птиц и летающих насекомых. Птица использует устойчивую аэродинамику, в то время как летающее насекомое использует неустойчивую аэродинамику. Устойчивая аэродинамика - это тот же аэродинамический механизм, который используется в полете самолетов с неподвижным крылом.

Машущий механизм не всегда используется в птичьем полете. Некоторые птицы, такие как грифы и ястребы, длительное время выдерживают полет, не взмахивая крыльями. Они разводят крыло в планирующем и парящем режимах полета. В одной из своих статей В. А. Такер наблюдал планирующий полет следующих видов птиц; лаггарский сокол [4], белоспинный гриф [5] и харриский ястреб [6]. Коэффициент подъемной силы при планирующем полете сокола, стервятника и ястреба составляет 1.6, 1.1 и 1.6 соответственно.

Механизм управления полетом птицы прост, но продвинуто. Птицы изменяют форму своего крыла и хвоста, чтобы выполнять любой маневр полета в целях контроля и стабилизации. Д. Ю. Су и др. обнаружил, что белоглазая воробьиная птица активно использует свой хвост для сохранения устойчивости во время полета [8]. В конфигурации обычного самолета горизонтальное оперение играет роль в продольном управлении и устойчивости, а вертикальное оперение играет роль в поперечном. Хвост птицы может играть роль в управлении и устойчивости полета как в продольном, так и в поперечном направлении.

Несмотря на то, что птица активно летает с машущими крыльями, имитировать анатомию птицы и механизм управления можно с помощью конструкции самолета с неподвижным крылом. Дж. Магласанг и др. разработали микро-летательный аппарат (MAV), имитирующий кинематику голубя [2]. Они обнаружили, что имитировать анатомию и кинематику крыла птицы для конструкции БПЛА возможно, и дали эффективный

результат. Что касается управления полетом, исследователям из Бристольского университета удалось применить к БПЛА механизм посадки, имитирующий маневр птицы [9]. Внешняя часть крыла БПЛА может отклоняться для замедления движения БПЛА на этапе посадки. Этот прием почти аналогичен механизму, который используют птицы, когда они пытаются приземлиться на землю или на ветку дерева.

В этом исследовании мы разрабатываем конструкцию БПЛА с неподвижным крылом, имитирующую анатомию евразийской птицы перепелятника. БПЛА будет питаться от электродвигателя и аккумулятора. Хвост имеет форму дельты, которая может вращаться по двум осям: оси x-тела и оси, параллельной оси y-тела. Этот механизм передаст управление хвосту в продольной и поперечной устойчивости. Вместо использования элеронов, как в конфигурации обычного самолета, вся внешняя часть крыла будет действовать как поверхность управления. Внешняя часть крыла может вращаться и изменять угол атаки.

Размер и конфигурация

Евразийский перепелятник, *accipiter nisus*, - небольшая хищная птица семейства Acciptridae. У взрослых самцов верхняя часть тела голубовато-серая и верхняя часть тела с оранжевыми полосами, в то время как самки коричневатого цвета. Евразийский перепелятник мелкий, длиной от 28 до 38 см, с массой взрослого самца от 110 до 196 г и взрослой самки от 185 до 342 г [10]. Размах крыльев взрослого перепелятника составляет от 59 до 80 см.

Размер БПЛА будет в пределах размеров евразийского перепелятника. Размах крыла b составит 74 см, общая длина l - 40 см. На рисунке 1 показана фотография летящего евразийского перепелятника. Форма крыла БПЛА будет повторять форму крыла перепелятника. При масштабировании этой фотографии до размеров БПЛА площадь крыла и размер оперения измеряются по фотографии. На рисунке 2 показана та же фотография,

дополненная контуром формы крыла и хвоста БПЛА. Чтобы упростить форму крыла, кончик крыла БПЛА будет просто закругленным, а не распростертым открытым пером, как у перепелятника. По

измерениям площадь крыла S БПЛА составляет 987.1 см^2 . Размер хвоста в размахе 15 см , b_h , и площади 225.3 см^2 , S_h . Удлинение крыла AR составляет 5.5 .



Figure 1 – Euroasian sparrowhawk in flight [11]
Рисунок 1 – Евразийский перепелятник в полете [11]

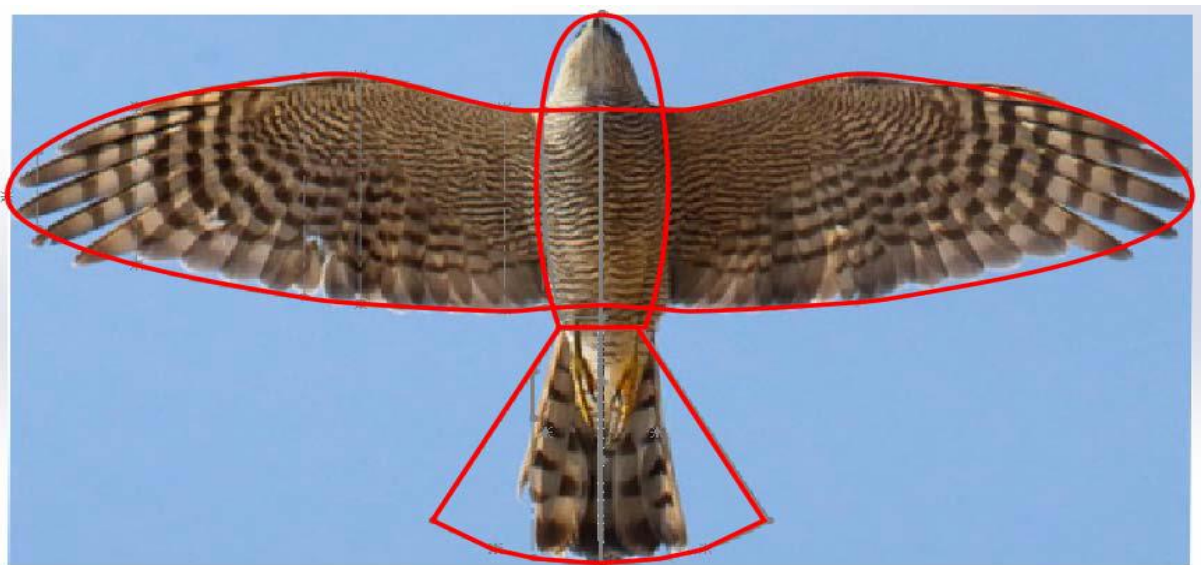


Figure 2 – Sizing of UAV compared to the sparrowhawk
Рисунок 2 – Размеры БПЛА по сравнению с ястребом-перепелятником.

На рисунке 2 мы можем измерить углы крыла БПЛА. Угол обзора по хорде 0,25, $\Lambda_{0,25c}$, и по хорде 0,5, $\Lambda_{0,5c}$, составляет 1,47 градуса и -1,96 градуса соответственно. Крыло будет расположено горизонтально, так что эдрический угол Γ равен 0 градусам. Угол закручивания тоже не будет, $\varepsilon = 0$ град.

Оценка максимальной взлетной массы БПЛА рассчитывается путем оценки компонентов БПЛА. Планер будет

построен с использованием материала для 3D-печати, пробкового дерева, стержня из карбонного волокна и пенополистирола. Система авионики будет состоять из батареи, контроллера мотора, мотора, сервоприводов, полетного контроллера и радиоуправляемого приемника. В таблице 1 представлены весовые составляющие взлетной массы БПЛА.

Таблица 1 - Разбивка оценки веса

| Весовые компоненты | Масса, кг |
|--------------------|-----------|
| Планер | 0.3 |
| Система авионики | 0.2 |
| Полезная нагрузка | 0.1 |
| Взлетная масса | 0.6 |

Исходя из размеров, длина корневой хорды крыла c_r и хорды законцовки c_t составляет 0.14 м и 0.056 м соответственно. Средняя аэродинамическая хорда (с.а.х), \bar{c} , может быть рассчитана с использованием следующего уравнения [3]

$$\bar{c} = \frac{1}{s} \int_{-b/2}^{b/2} c^2(y) dy, \quad (1)$$

где s - длина хорды на станции, расположенной на расстоянии y от корневой хорды.

Согласно расчету, средняя аэродинамическая хорда (с.а.х), \bar{c} , составляет 0,142 м. Используя то же уравнение, (с.а.х) хвоста составляет 0,135 м.

В целях аэродинамического анализа число Рейнольдса рассчитывается с использованием уравнения (2) следующим образом:

$$R_e = \frac{\rho V L}{\mu}. \quad (2)$$

Возьмем скорость БПЛА во время взлета $V_{(TO)}$, крейсерскую, $V_{(cruise)}$ и во

время парения, $V_{(loiter)}$, 10 м/с, 18 м/с и 15 м/с соответственно. На стандартном уровне моря плотность воздуха ρ составляет 1,225 кг/м³, а динамическая вязкость μ составляет $1,789 \times 10^{-5}$ Па·с. В крыле контрольная длина L - это (с.а.х), \bar{c} . По расчетам, число Рейнольдса крыла и хвоста находится в диапазоне от 100 000 до 200 000.

Первая поверхность управления БПЛА - его хвостовая часть. Как и у птицы, хвост может вращаться по двум осям: оси x -тела и оси, параллельной оси y -тела. Два поворота предназначены для замены функции горизонтального и вертикального оперения в обычной конфигурации самолета. Вторая поверхность управления - внешняя часть крыла. Вместо использования элеронов, как в обычной конфигурации, вся внешняя часть крыла может вращаться, чтобы изменить угол атаки.

Аэродинамика

Исходя из расчетной максимальной взлетной массы, мы можем рассчитать проектный коэффициент подъемной силы C_{L0} . Требуемая сила L для подъема БПЛА минимум равна его весу W . Таким образом, C_{L0} для каждой фазы полета

можно рассчитать с помощью уравнения (3) следующим образом:

$$\begin{aligned} W &= m \cdot g = L \\ W &= \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L, \end{aligned} \quad (3)$$

где m равняется максимальной взлетной массе,

g - ускорение свободного падения, а ρ - плотность воздуха.

Возьмем расчет со свойствами в стандарте уровня моря, C_{L0} для взлета, крейсерскую и во время парения составляет 0.97, 0.3 и 0.43 соответственно.

Профиль, выбранный для формы крыла в плане, - NACA 6412. На рисунке 3 показан график коэффициента подъемной силы крыла c_l и угла атаки α при числе Рейнольдса, равном 100000. Важная информация из рисунка 3 - это угол атаки при нулевой подъемной силе α_0 , который составляет -4 градуса, градиент линейной кривой $c_{l\alpha}$ составляет 0,109 град⁻¹, а максимальный коэффициент подъемной силы c_{lmax} равен 1,522.

Профиль, выбранный для хвостового оперения, - NACA 0012. На рис. 4 показан аэродинамический коэффициент профиля NACA 0012 для числа Рейнольдса 100 000. Из рисунка 4 мы можем вывести некоторую переменную, такую как нулевой угол атаки α_0 , который равен 0 градусов, градиент линейной кривой $c_{l\alpha}$ равен 0.11 град⁻¹, а максимальный коэффициент подъемной силы c_{lmax} равен 0.992.

Максимальная подъемная сила крыла c_{Lmax} рассчитывается по следующему уравнению [3]:

$$c_{Lmax} = 0.9 c_{lmax} \cos \Lambda_{0.25c}. \quad (4)$$

Из приведенного выше уравнения (4) максимальный коэффициент подъемной силы крыла составляет 1.37. Если мы введем это c_{Lmax} в уравнение (3), скорость сваливания V_S БПЛА составит 8.42 м/с.

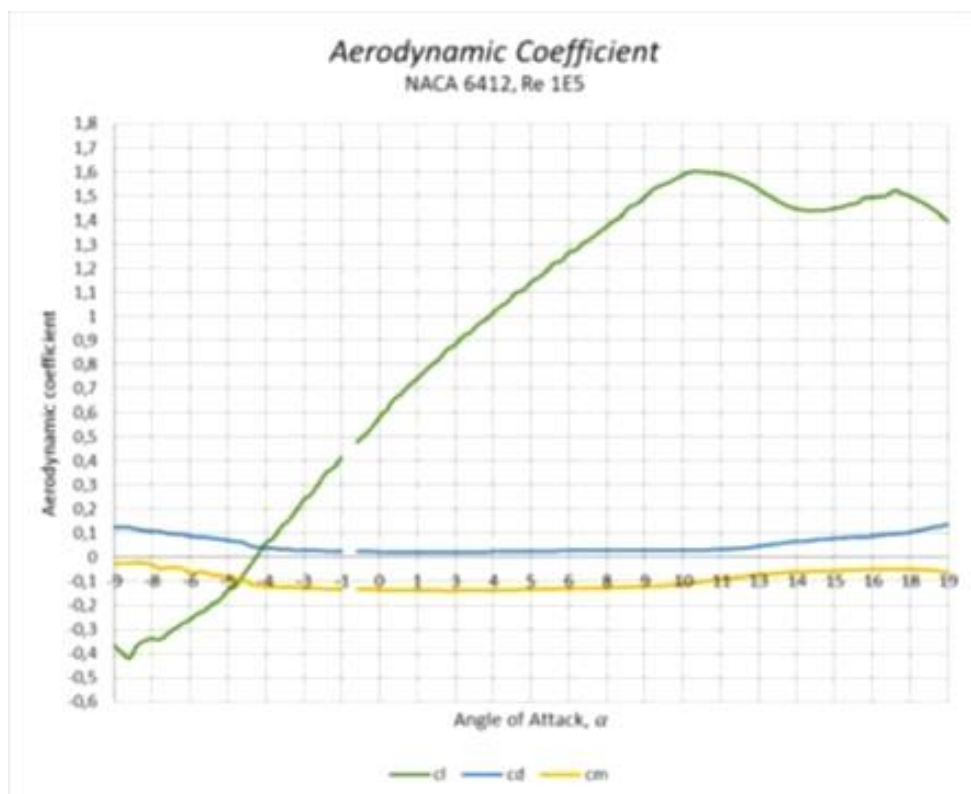


Figure 3 – Aerodynamic coefficient of NACA 6412 airfoil (generated from [12])
Рисунок 3 – Аэродинамический коэффициент профиля NACA 6412 (получено из [12])

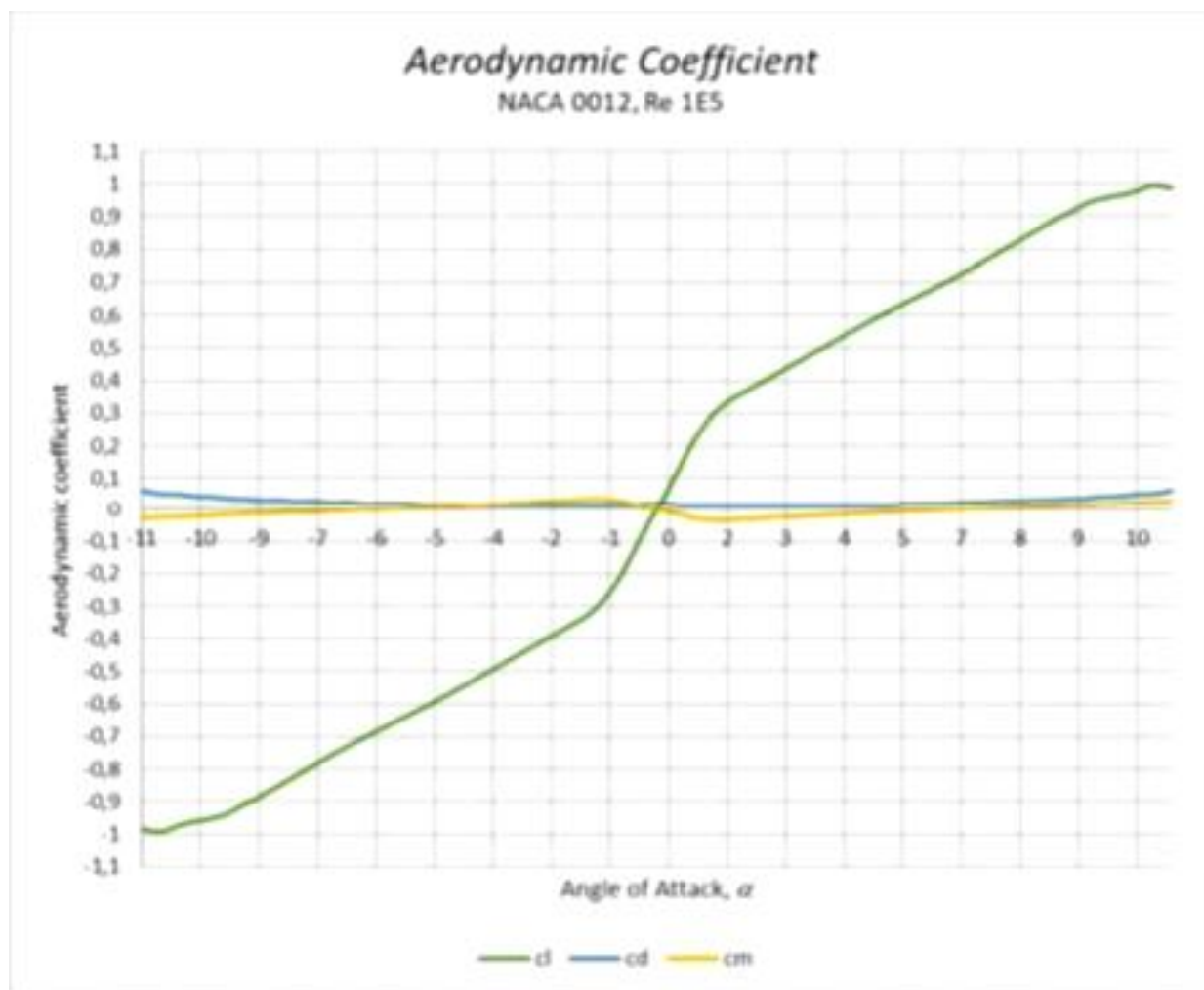


Figure 4 – Aerodynamic coefficient of NACA 0012 airfoil. (generated from [12])

Рисунок 4 – Аэродинамический коэффициент профиля NACA 0012. (получено из [12])

Градиент коэффициента подъемной силы крыла $C_{LW\alpha}$ и коэффициента подъемной силы хвостового оперения $C_{Lh\alpha}$ рассчитываются с использованием следующего уравнения [3]:

$$C_{L\alpha} = f \frac{c_{l\alpha}}{E + \frac{c_{l\alpha}}{\pi AR}}, \quad (5)$$

где f - поправочный коэффициент для конусности крыла,
 E - коэффициент скорости кромки по Джону.

Из уравнения (5) выше градиент коэффициента подъемной силы крыла $C_{LW\alpha}$ будет $0,074 \text{ град}^{-1}$, а градиент коэффициента подъемной силы хвостового оперения $C_{Lh\alpha}$ будет $0,0252 \text{ град}^{-1}$.

Уравнение коэффициента подъемной силы для крыла C_{LW} получено из следующего уравнения [3]:

$$C_L = C_{L\alpha} \{ \alpha_r - (\alpha_{i0})_r - \alpha_{01} \varepsilon_r \}, \quad (6)$$

где α_r - угол атаки в основании крыла,

$(\alpha_{i0})_r$ - угол атаки при нулевой подъемной силе в корневой части крыла, α_{01} - угол атаки при нулевой подъемной силе на единицу поворота для прямых крыльев [3].

На рисунке 5 показана трехмерная модель БПЛА, созданная с помощью автоматизированного проектирования (САПР), в результате этих аэродинамических расчетов.

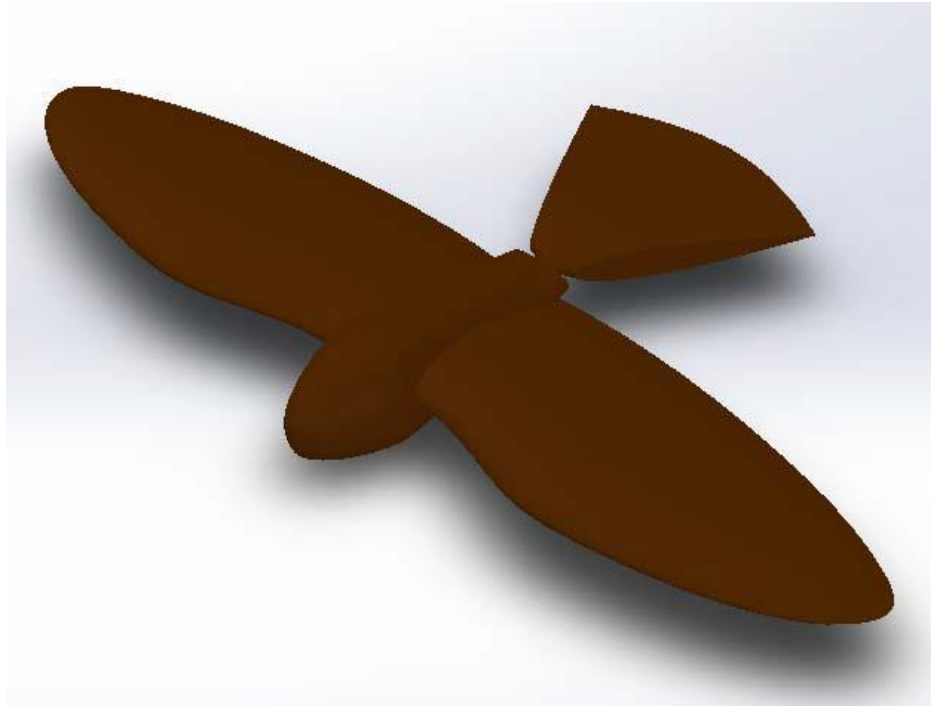


Figure 5 – 3D CAD model of the bird-like fixed-wing UAV

Рисунок 5 – Трехмерная САД-модель птицеподобного БПЛА с неподвижным крылом

Размер фюзеляжа измерен на рисунке 2. Ширина фюзеляжа, b_f , составляет 0,074 м, а площадь крыла за пределами фюзеляжа, S_{net} , составляет 0,088 м². Градиент коэффициента подъемной силы крыло-фюзеляж $(C_{L\alpha})_{wf}$ рассчитывается с использованием следующего уравнения [3]:

$$(C_{L\alpha})_{wf} = K_I C_{Lw\alpha}, \quad (7)$$

K_I - коэффициент для расчета подъемной силы на крыле и фюзеляже,

$$C_{Lwf} = (C_{L\alpha})_{wf} \left[(\alpha_f - \alpha_{01} \varepsilon_t) + \frac{K_{II}}{K_I} \{i_w - (\alpha_{10})_r\} \right] + \Delta_z C_L, \quad (9)$$

где K_{II} еще один фактор для расчета подъемной силы крыла и фюзеляжа, который можно рассчитать как [3]:

$$K_{II} = \left(1 + 0.7 \frac{b_f}{b} \right) \frac{S_{net}}{S}, \quad (10)$$

И $\Delta_z C_L$, как утверждает С. Ф. Хёрнер [1] для высокого крыла, составляет:

который для $b_f/b < 0,2$ может быть рассчитан как [3]:

$$K_I = \left(1 + 2.15 \frac{b_f}{b} \right) \frac{S_{net}}{S} + \frac{\pi}{2C_{Lw\alpha}} \frac{b_f^2}{S}. \quad (8)$$

Коэффициент подъемной силы крыла и фюзеляжа вместе, C_{Lwf} , рассчитывается на основе следующего уравнения [3]:

$$\frac{\Delta_z C_L S}{c_r b_f} = -0.1. \quad (11)$$

Угол падения крыла i_w рассчитывается следующим образом [3]:

$$i_w = \frac{C_{Lwf}^* - \Delta_z C_L}{K_{II} C_{Lw\alpha}} + \frac{K_I}{K_{II}} \alpha_{01} \varepsilon_t + (\alpha_{10})_r, \quad (12)$$

где C_{Lwf}^* рассчитывается следующим образом [3]:

$$C_{Lwf}^* = \frac{(C_{L0} - \frac{\bar{c}}{l_h} c_{mac})}{(1 + \frac{x_{cg} - x_{ac}}{l_h})} \quad (13)$$

Расчет выполнен в режиме ожидания, при $C_{L0} = 0.43$. Исходя из размеров, расстояние между 25% крыла и 25% длины хвостового оперения, l_h ,

$$C_{L\alpha} = (C_{L\alpha})_{wf} + C_{Lh\alpha} (1 - \frac{d\varepsilon_h}{d\alpha}) \frac{S_h q_h}{S q} \quad (14)$$

с участием,

$$\frac{d\varepsilon_h}{d\alpha} = 1.75 \frac{C_{Lw\alpha}}{\pi AR(\lambda r)^{0.25} (1 + |m|)}, \quad (15)$$

Где

$$r = \frac{2l_h}{b} \text{ и } m = \frac{z_h}{b/2} \quad (16)$$

z_h определяет перпендикулярное расстояние от линии хорды корневой части крыла с нулевой подъемной силой с 25% с.а.х. хвоста. Поскольку БПЛА относительно небольшой, можно предположить, что динамическое давление на оперение равно на давление на крыло, или $\frac{q_h}{q} = 1$.

УСТОЙЧИВОСТЬ

Местоположение нейтральной точки БПЛА рассчитывается с использованием следующего уравнения [3]:

$$\frac{x_n}{\bar{c}} = \frac{x_{ac}}{\bar{c}} + \frac{C_{Lh\alpha}}{C_{L\alpha}} \left(1 - \frac{d\varepsilon_h}{d\alpha}\right) \frac{S_h l_h q_h}{S \bar{c} q}. \quad (17)$$

Используя уравнение (17), мы получаем положение нейтральной точки x_n на 28,4% с.а.х. Поскольку он расположен за x_{cg} , можно сделать вывод, что конфигурация БПЛА стабильна.

Для прогнозирования продольной устойчивости рассчитываем момент

составляет 0,188 м. Расположение центра тяжести (ц.т), x_{cg} , установлено на 25% \bar{c} , а предполагаемое расположение аэродинамического центра, x_{ac} , находится на 25% \bar{c} . Из уравнения (12) угол падения крыла i_w равен 3,3 градуса.

Полный коэффициент подъемной силы самолета с учетом подъемной силы крыла-фюзеляжа и оперения. Расчет выполняется с использованием следующего уравнения [3]:

тангажа самолета. Коэффициент момента рассчитывается с использованием следующего уравнения [3]:

$$C_m = C_{m0} + \frac{dC_m}{dC_L} C_L, \quad (18)$$

Где

$$C_{m0} = C_{mac} - C_{Lh\alpha} i_h \frac{S_h l_h q_h}{S \bar{c} q}, \quad (19)$$

а также

$$\frac{dC_m}{dC_L} = -\frac{x_n - x_{cg}}{\bar{c}}. \quad (20)$$

Из уравнения (18) получаем моментный коэффициент летательного аппарата как:

$$c_m = -0.097 - 0.034 C_L. \quad (21)$$

Необходимым условием для продольной устойчивости является то, что

производная коэффициента момента от угла атаки должна быть меньше нуля, $\frac{dC_m}{d\alpha} < 0$. Из уравнения получаем, что производная коэффициента момента составляет $-0,003 \text{град}^{-1}$.

Выводы.

Из исследования можно понять, что создание БПЛА, имитирующего форму птицы, вполне возможно. На основе этого

исследования мы разработали дизайн БПЛА в форме евразийского перепелятника. Размер БПЛА составляет 40 см в длину и 74 см в размахе крыла. Площадь крыла $225,3 \text{см}^2$. Анализ и расчет на устойчивость показывает, что конфигурация БПЛА стабильна. Следующим шагом этого исследования будет создание прототипа БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. F. Hoerner, "Fluid dynamic drag," Published by author, 1965.
- [2] J. Maglasang, N. Goto, and K. Isogai, "Development of bird-like micro aerial vehicle with flapping and feathering wing motions," *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, vol. 51, no. 171, pp. 8-15, 2008.
- [3] E. Torenbeek, "Synthesis of subsonic airplane design," Netherlands: Delft University Press, 1976.
- [4] V. A. Tucker, and G. C. Parrot, "Aerodynamics of gliding in a falcon and other birds," *Journal of Experimental Biology*, vol. 52, pp. 345-367, 1970.
- [5] V. A. Tucker, "Gliding birds: descending flight of the white-backed vulture, *gyps africanus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 140, pp. 325-344, 1988.
- [6] V. A. Tucker, "Aerodynamics of gliding flight in a harris' hawk, *parabuteo unicinctus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 149, pp. 469-489, 1990.
- [7] J. V. Shreyas, S. Devrajan, and K. R. Sreenivas, "Aerodynamics of bird and insect flight," *Journal of the Indian Institute of Science*, vol. 91, no. 3, pp. 415-427, July-Sept., 2011.
- [8] J. Y. Su, S. C. Ting, Y. H. Chang, and J. T. Yang, "A passerine spread its tail to facilitate a rapid recovery of its body posture during hovering," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 9, pp. 1674-1684, 2012.
- [9] News article, "UAV performs first ever perched landing using machine learning algorithms,"
- [10] <http://www.bristol.ac.uk/news/2017/january/uav-perched-landing.html>.
- [11] <https://www.hbw.com/species/eurasian-sparrowhawk-accipiter-nisus>
- [12] <http://www.pbases.com/image/130446883> [12] <http://airfoiltools.com/>
- [13] Лобановский Ю.И. Элементарная теория машущего полета, 2008
- [14] Виноградов И.Н. Аэродинамика птиц-парителей. М.: ДОСААФ, 1951. 128 с.
- [15] Колесников А.А., Кобзев В.А. Динамика полета и управления [Текст]: синергетический подход // Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009.

REFERENCES

- [1] S. F. Hoerner, "Fluid dynamic drag," Published by author, 1965.
- [2] J. Maglasang, N. Goto, and K. Isogai, "Development of bird-like micro aerial vehicle with flapping and feathering wing motions," *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, vol. 51, no. 171, pp. 8-15, 2008.
- [3] E. Torenbeek, "Synthesis of subsonic airplane design," Netherlands: Delft University Press, 1976.
- [4] V. A. Tucker, and G. C. Parrot, "Aerodynamics of gliding in a falcon and other birds," *Journal of Experimental Biology*, vol. 52, pp. 345-367, 1970.

- [5] V. A. Tucker, "Gliding birds: descending flight of the white-backed vulture, *gyps africanus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 140, pp. 325-344, 1988.
- [6] V. A. Tucker, "Aerodynamics of gliding flight in a harris' hawk, *parabuteo unicinctus*," *Journal of Experimental Biology*, vol. 149, pp. 469-489, 1990.
- [7] J. V. Shreyas, S. Devrajan, and K. R. Sreenivas, "Aerodynamics of bird and insect flight," *Journal of the Indian Institute of Science*, vol. 91, no. 3, pp. 415-427, July-Sept., 2011.
- [8] J. Y. Su, S. C. Ting, Y. H. Chang, and J. T. Yang, "A passerine spread its tail to facilitate a rapid recovery of its body posture during hovering," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 9, pp. 1674-1684, 2012.
- [9] News article, "UAV performs first ever perched landing using machine learning algorithms,"
- [10] <http://www.bristol.ac.uk/news/2017/january/uav-perched-landing.html>.
- [11] <https://www.hbw.com/species/eurasian-sparrowhawk-accipiter-nisus>
- [12] <http://www.pbase.com/image/130446883> [12] <http://airfoiltools.com/>
- [13] Lobanovskiy Y.I. Elementarnaya teoriya poleta, 2008
- [14] Vinogradov I.N. Aerodynamika ptic-paritelei, 1951. P 128.
- [15] Kolesnikov A.A., Kobzev B.A. Dinamika poleta i upravleniya // Taganrog, 2009.

КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ТИПА «ПТИЦА»

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, кандидат технических наук, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Жексенбаев Еламан Ержанулы, магистр, Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

«ҚҰС» ТИПІНДЕГІ ҰШҚЫШСЫЗ ӘУЕ КӨЛІГІН ЖОБАЛАУ

Чигамбаев Темырбай Отарбаевич, техника ғылымдарының кандидаты, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Казахстан, t.chigambayev@aes.kz

Жексенбаев Еламан Ержанулы, магистр, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ., Қазақстан, yelaman.zhexenbayev@gmail.com

Андатпа. Бұл мақалада «құс» типіндегі ұшқышсыз әуе көлігі жобаланды. Ұшқышсыз әуе көлігін жобалау үшін қажет есептеулер жүргізілді. Көліктің тұрақтылық, аэродинамика, өлшемі мен конфигурациясы секілді сипаттамалары есептелді.

Түйінді сөздер: ұшқышсыз әуе көлігі, құс, ұшу, аэродинамика, биомиметика.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyspayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.102 -111

BASIC APPROACHES TO MODELING THE MOTION OF PEOPLE INSIDE BUILDINGS

Yedil Khan Amirgaliyev, Dr.Tech.Sci., Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; amir_ed@mail.ru

Aliya Kalizhanova, Cand. in Physics. - Math. Sciences, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan; kalizhanova_aliya@mail.ru

Ainur Kozbakova, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; ainur79@mail.ru

Zhazira Amirgaliyeva, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Aygerim Astanayeva, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; astanayeva@bk.ru

Abstract. In order to prevent emergencies and reduce their consequences, programs and government decrees are being adopted in the country. Despite the fact that the bodies of the Ministries of Emergency Situations (MES) have strengthened their organizational structure, created an appropriate regulatory framework, coordinated actions with international organizations, the existing State system for the prevention and elimination of emergencies needs to be improved and modernized.

The placement of people in the stream is always uneven and often random. The distance between walking people is constantly changing, local seals appear, which then dissolve and arise again. These changes are unstable over time. One of the main factors that determine the speed of a person's movement in a stream is the density of the human mass. In the given problem, the evacuation of people from an educational institution in an emergency is considered. To solve this problem, mathematical methods and models of the movement of streams of people inside the building were used.

Keywords: Model, graph, method, algorithm, maximum flow, evacuation.

ӘОЖ 004.9

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-102-111

**Е.Н. Амиргалиев¹, А.У. Калижанова^{1,2}, А.Х. Козбакова^{1,3},
Ж.Е. Амиргалиева¹, А.А. Астанаева^{1,4}**

¹Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, ҚР БҒМ ҒК, Алматы, Қазақстан

²Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті

³Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

⁴Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

ҒИМАРАТ ІШІНДЕ АДАМДАР ҚОЗҒАЛЫСЫН МОДЕЛЬДЕУДІҢ НЕГІЗГІ АМАЛДАРЫ

Андатпа. Төтенше жағдайлардың алдын алу және олардың зардаптарын азайту мақсатында елде бағдарламалар мен үкіметтік қаулылар қабылданады. Төтенше жағдайлар министрліктерінің (ТЖМ) органдары ұйымдық нығайтылғанына, тиісті нормативтік-құқықтық базаны құрғанына, іс-қимылдарды халықаралық ұйымдармен келіскеніне қарамастан, ТЖ алдын алу мен жоюдың қолданыстағы мемлекеттік жүйесі жетілдіруді және жаңғыртуды қажет етеді. Ағында адамдардың жайғасуы әрқашан әркелкі болып, көбінесе, кездейсоқ сипатқа ие. Жүріп бара жатқан адамдардың арасындағы арақашықтық қашанда өзгеріп, таралатын кейін қайта құрылатын жергілікті тығыздалу пайда болады. Бұл өзгерістер уақыт жағынан тұрақсыз. Ағындағы адамдар қозғалысының жылдамдығын анықтайтын ең негізгі факторлардың бірі – адамдардың бұқаралық тығыздығы болып табылады. Мақалада төтенше жағдайда оқу орнынан адамдарды эвакуациялау қаралады. Бұл мәселені шешу үшін ғимарат ішіндегі адамдар ағындарының қозғалысының математикалық әдістері мен модельдері қолданылды.

Кілттік сөздер: Модель, график, әдіс, алгоритм, максималды ағын, эвакуация.

Гимараттың апаттық немесе қалыпты жағдайында бұқаралық қозғалыстың бір мезгілде өтуі барысында адамдар бір бағытта жылжи отырып, ұзындығы l және ені d болған, адамдар ағыны атты ағын құрайды.

Көбінесе, адамдар ағыны темекі тектес пішінге ие болады. Ағынның бас жағы мен соңында жүрген бөлігі, әдетте, шағын көлемдегі адамдар санын құрап, олар ағындағы негізгі адамдар бөлігіне қарағанда не жоғары, не төмен жылдамдықпен қозғалады. Апаттық жағдайларда (көбінесе, қалыпты қозғалу кезінде де) ағынның бас жағындағы бөлігі жоғары жылдамдықпен алға жылжиды. Ағынның бас жағының жайылуына байланысты ағынның жаңадан құрылуы болып өтеді.

Эвакуациялау кезінде адамдар қозғалыс жолдары түрінде әр түрлі мақсатқа арналған бөлмелердің және арнайы бөлмелердің өткелдері (дәліз, фойе, баспалдақтар, сырғыма баспалдақтар) қолданылады. Қозғалыс жолы кедергісіз L ұзындықтағы және b енімен сипатталады. Жолдар есік орындарымен, декоративтік порталдармен қиылысып, қабырғаның жазықтығынан шығып тұрған элементтердің (мысалы, ашық құбыр желісінің) есебінен тарылады.

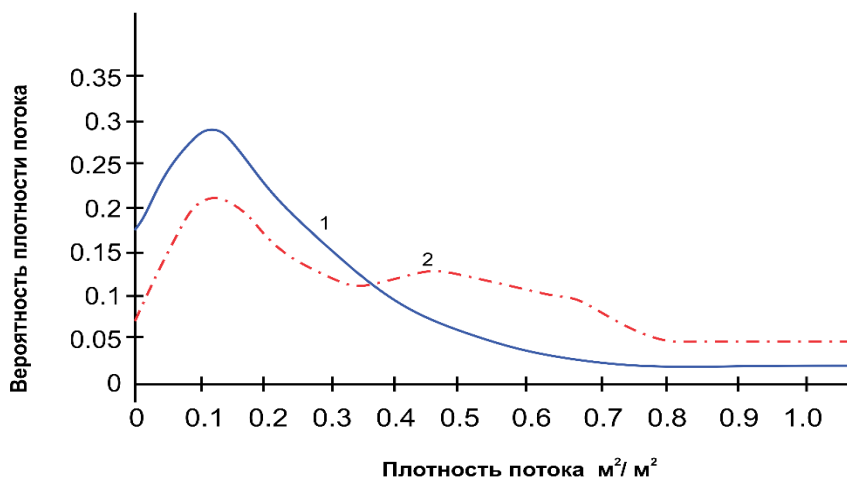
Адамдар ағынының қозғалыс жолы (көлденең, көлбеу есік, терезе орындары) сипаттамасы мен L және b параметрлері жағынан ерекшеленетін телімдерге бөлінеді. Сәйкес жуандығы $0,7$ м астам қабырғада орналасқан есік орны мен тамбурды дербес жол телімі деп есептеген жөн. Сонымен бірге, адамдардың қозғалысы механикалық құрылғылар арқылы да жүзеге асырылуы мүмкін: эскалаторлар және лифтітер.

Адамдардың механикалық құрылғылар арқылы қозғалуы дербес жол телімі болып табылады [1].

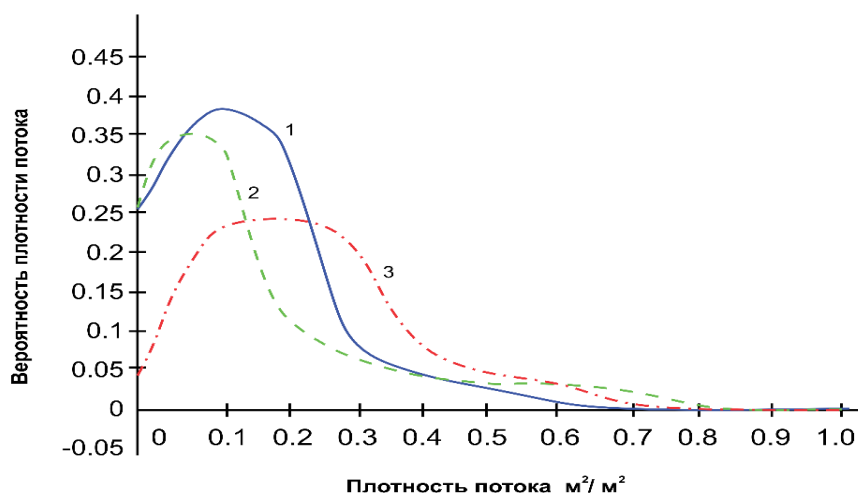
Адамдар ағыны N адамдар санымен және D тығыздығымен, яғни ағын орналасқан ауданға қатысты адамдар санымен сипатталады. $D_{\text{макс}} = 0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ адамдар ағынының тығыздығының максималды мәні. Адамдар ағынын зерттеулер кейбір жағдайларда $D_{\text{макс}}$ ағын тығыздығы $0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ шамасынан жоғары бола алатынын көрсетті (мысалы, еңсіз есік орындарында). Адамдар ағыны белгілі бір V қозғалыс жылдамдығына ие. Жол Q өткізу қабілетімен яғни, көлденең қима жол арқылы бір уақыт бірлігінде өтуші адамдар санымен сипатталады. Сәйкес, тығыздықтың физикалық тұрғыдан шегі түрінде $D_{\text{ф.п.}} = 1,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ шамасын есептеуге болады. Жол кенеттен тарылатын жерлерде ағын тығыздығы жоғары шамаға қол жеткізеді. Әр түрлі жол телімдері үшін ағын тығыздығының ықтималдылығы 1-2. суреттерінде берілген [1].

Әрбір адам адамның өлшемімен анықталатын f көлденең кескін ауданымен сипатталады. Адам өлшемі физикалық мәліметіне, жасына және киіміне байланысты өзгереді. Адамдар өлшемінің және алынған нәтижелердің қорытындысының негізінде, кестеде–2.1 көрсетілген, адамның келесі орташа есептелген өлшемдері алынды [1].

Әрбір адамды V_0 ерікті қозғалыс жылдамдығымен және көңіл-күй жағдайының деңгейімен сипаттауға болады. Көңіл-күй жағдайының деңгейі белгілі бір адамдар ағынының қозғалыс категориясына сәйкес келеді: жайлы, байсалды, белсенді, жоғары белсенді [2-4].



1 сурет – Ағын тығыздығының ықтималдығы: 1- есіктерде, 2- өзге жолдарда



2 сурет – Ағын тығыздығының ықтималдығы: 1- баспалдақтар жоғарыға, 2- баспалдақтар төменге, 3- оқу орны

1 кесте –Адамның орташа есептелген өлшемдері

| Адамның жасы | Ені, м | Жуандығы, м | Көлденең кескін ауданы, м ² |
|------------------------------|-------------|-------------|--|
| Киімдегі ересек адам | | | |
| жазғы | 0,46 | 0,28 | 0,100 |
| көшеге арналған маусымаралық | 0,48 | 0,30 | 0,113 |
| көшеге арналған қыстық | 0,50 | 0,32 | 0,125 |
| жасөспірім | 0,43 - 0,38 | 0,27 - 0,22 | 0,090-0,067 |
| сәби | 0,34 - 0,30 | 0,21-0,17 | 0,056-0,040 |

Клеткалы автоматтар, желілік модельдер, адамдар қозғалысын сұйықтық (гидроаналогия) ағынының ағымы түрінде беру адамдар қозғалысын модельдеудің жиі қолданылатын әдістері болып табылады [5].

Бірінші амал ең көп таралғаны болып табылады. Мұнда адамдар ағыны дәліз бойымен сұйықтықтың құбырдан өтетін ағымы сияқты беріледі. Мұндай амал адамдар ағынының, бірдей сипаттамаға ие, бірдей элементтерден тұратынын топшылайды. Бірақ, сұйықтық бөлшегіне қарағанда ағындағы адамдар әр түрлі жеке жүріс-тұрысқа ие. Ағындағы әрбір жеке – дара адамның өзіндік жүріс-тұрысы адамдар тобының жалпы жүріс-тұрысына өте үлкен әсерін тигізеді. Кіші қима теліміне өту кезінде адамдар ағынының жылдамдығы төмендейді, ал сұйықтық жылдамдығы берілген жағдайда жоғарылайды. Осы себептің салдарынан адамдар ағынын құбырдағы сұйықтық ағымына ұқсас модельдеу мүмкін емес [2].

Екінші амал қарапайым дискреттік модельдер түріндегі клеткалы автоматтарды қолдануды топшылайды. Берілген модельдер түрінде адамдар ағынының қозғалысы екі құраушы бөліктен тұратыны топшыланады: бағытталған және ретсіз. Мұндай жағдайда клеткалы автомат бірдей квадратқа (тордың квадратына) бөлінген ғимарат жобасы түрінде болады. Әрбір клетка екі түрлі жағдайдың бірінде ғана бола алады: 1- егер клетка бос болмағанда, 0-егер клетка бос болғанда. Әрбір адамға сәйкес кейбір бөлшек қойылады. Қабырға мен басқа да кедергілерге клеткалар сәйкес болады да, мұнда бөлшектер жылжи алмайды. Адамдар ағынының қозғалысын тең уақыт аралығы арқылы ғимарат ішінде модельдеу кезінде тор ішінде бөлшектерді, сәйкес келетін көршілес клеткалар бос болған жағдайда ғана, белгілі бір бағытта жылжыту жүзеге асырылады. Әрбір мүмкін болған бағытта бөлшек жылжи алатын ықтималдылық әрбір қадамда анықталып отырады [6].

Алынған ықтималдылық негізінде әрбір ось бойымен бөлшектердің таралу тығыздылығы есептеледі. Бірақ, мұндай түрде, модель ағындағы адамдардың әртүрлі жылдамдықта қозғалуы сияқты деректі көрсетпейді. Мұндай кемшілікті барлық бөлшектерді жылдам және баяуға бөліп жою ұсынылады [7]. Жұп қадамдарда екі бөлшек типі де жылжуы керек, ал тақ қадамдарда тек қана жылдамдары жылжуы қажет. Сонымен бірге, тақ қадамдарда баяу бөлшектер жылдам бөлшектердің кедергісі түрінде қарастырылады[8].

Жоғарыда берілген жазбаларға қарағанда, клеткалы автоматтар адамдар ағынының көптеген қасиеттерінің яғни ағын бөліктерінің қайта құрылуы, таралуы, ағын ішіндегі адамдардың әр түрлі қозғалыс жылдамдығы сияқты кейбір жерлерін модельдеуге мүмкіндік береді. Бірақ, мәселені есептеудің күрделілігін айтарлықтай жоғарылататын өте үлкен торды айтарлықтай үлкен ғимарат үшін құру қажеттігі туындайды. Ұсынылған бөлшектерді жылдамдық бойынша екі типке бөлу тәсілі модельдің анықтығын төмендетеді. Жеке жылдамдықтың әрбір бөлшегінің тапсырмасы мәселені онан әрі қиындатады [9].

Үшінші амал ғимараттың құрамдас бөлшектерін өзара доғалармен бірігуші түйін түрінде беруді топшылайды. Әр доғаға кейбір қиылысу уақыты салыстырылады. Адамдардың қозғалысы түйіннен түйінге дейін есептеледі. Кейбір желілік модельдерде әрбір жеке адамға желі ішінде белгілі бір маршрут пен доғаны кесіп өтудің белгілі бір уақыты салыстырылады. Негізінен, мұндай амалда, адамдар қозғалысының әртүрлі жылдамдықтарын модельдеуге болады. Осылай, желілік модельдер жеке адамдардың жеке тұлғалық мінездемелерін есепке алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ғимаратты, модельдеудің алгоритмін өте қатты қиындатпайтын құрамдас элементтер саны бар, желі түрінде беруі мүмкін. Осыған ұқсас модельдерді құру кезінде

желі құрылымын қалыптастыру ең негізгі қиындық болып табылады.

Адамдар ағынының параметрлерін есептеудің ең негізгі әдістері мыналар:

МЕСТ 12.1.004-91 стандартағы формулалар бойынша ағын параметрлерін және эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу әдісі [9];

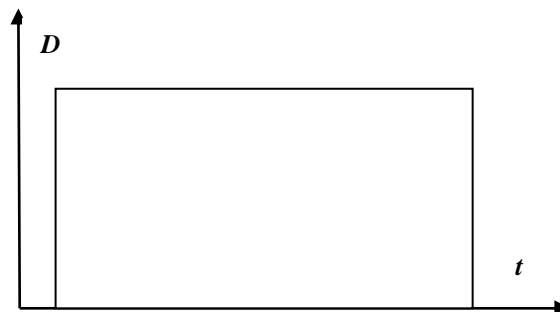
– графоаналитикалық әдіспен ағын параметрлерін және эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу;

– адамдардың қозғалу жылдамдығына адамдардың көңіл-күй жағдайының және ағын тығыздылығының әсер етуін есепке ала отырып ағын параметрлерін есептеу [10].

Бірінші әдіс жан-жақты қарастырылған. Берілген әдістің нәтижесі жуықтау, әрі айтарлықтай өрескел. Берілген әдіске сәйкес өткелдердің алдында бірден адамдардың жиналуы оның ең негізгі кемшілігі болып табылады, бұл эвакуациялау кезінде жалпы есептелген уақыттың көбеюіне

алып келеді. МЕСТ 12.1.004-91 әдісі бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы сурет -3 келтірілген.

Графоаналитикалық әдісте ағынның қайта құрылу жылдамдықтары, ағынның бас жағындағы және соңғы жағындағы қайта құрылу жылдамдықтары т.б. есептеледі. Алынған мәліметтер кестеге енгізіледі. Арнайы құрылымдар көмегімен эвакуациялаудың жалпы уақыты анықталады. Графоаналитикалық әдіс ағынның қайта қалыптасуын есепке алғандықтан нақтырақ нәтиже береді, бұл оның басты құндылығы болып табылады. Сонымен бірге, графоаналитикалық әдіс практикада жүзеге асыру барысында айтарлықтай бейнетті болып келеді. эвакуациялаудың жалпы уақытын графоаналитикалық әдіспен есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдар жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы сурет – 4 берілген



3 сурет – МЕСТ 12.1.004-91 бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы

Адамдардың қозғалу жылдамдығына адамдардың көңіл-күй жағдайының және ағын тығыздылығының әсер етуін есепке

Берілген әдіс көмегімен модельдеуде ағын алдында тығыздықтың бірте-бірте өсуін көруге болады, бұл алынған мәліметтерге сәйкес келеді. Жоғары тығыздықтағы ағындар бірте-бірте қалыптасып, тығыздыққа жету уақыты $D_{q_{max}}$ (q ағын қарқындылығы

алатын әдіс артық әдіс болып табылады. Өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы 5 суретте берілген.

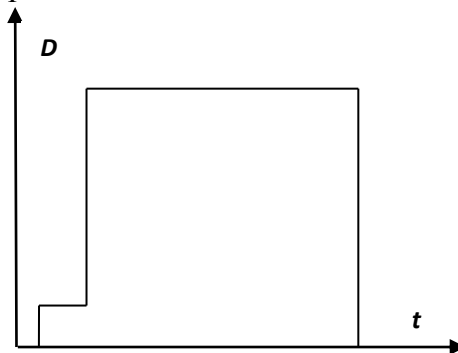
максимумге жететін D ағын тығыздығы) сәтінен D_{max} (D максималды ағын тығыздығы) дейін 5-7 с құрайды. Бұл деректі графоаналитикалық әдіс пен МЕСТ 12.1.004-91 әдісі көрсетпейді. Осының салдарынан осы екі әдіс ақылға сыйымсыз түрде адамдардың жоғары

тығыздықта жиналуының сақталуы мен құрылу динамикасын береді, сондықтан да эвакуациялаудың жалпы уақытын қате есептейді [11].

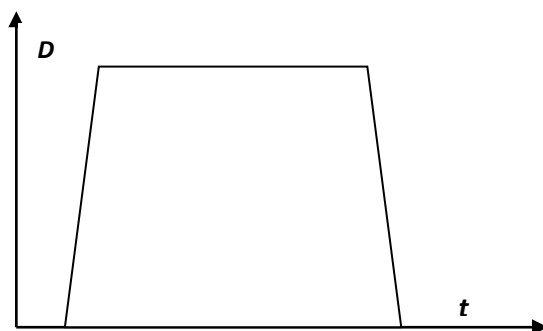
Эвакуациялау мәселелеріндегі желіде бір қабатты және көп қабатты ағындар

Зерттелетін ғимаратта тек қана бір қабат қарастырылып жатқандықтан i_0 қабат индексін аламыз. Тепе-теңдікті іздеу алгоритмінің идеясы мүмкін болған

бастапқы желіні іздеуден және олардың келесі тепе-теңдік жағдайына келуінен тұрады. Әрбір доға шектеулі өткізу қабілетіне ие болғандықтан мүмкін болған ағындардың бар болуы мен оларды іздеудің тексерілуін максималды ағын туралы есеп арқылы және осы есепті Форд-Фалкерсон алгоритмі мен шешу арқылы жүзеге асыруға болады.



4 сурет – Графоаналитикалық әдіс бойынша эвакуациялаудың жалпы уақытын есептеу кезіндегі өткелдер алдында адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы



5 сурет – Адамдардың қозғалу жылдамдығын есептеу кезінде оның тығыздығы мен көңіл-күй жағдайының деңгейін есепке ала отырып өткелдер алдындағы адамдардың жиналуының қалыптасуы мен таралу динамикасы

Максималды ағын есебінде ағын бастапқы төбенің біреуінен соңғының біреуіне өтеді. Барлық доғалар белгіленген өту қабілеттілігіне ие. Есепті мұндай түрге алып келу үшін жалған ii және kk екі төбені қосамыз. i_0 ағын көзін ii біріктірейік. Ол үшін өту қабілеттілігі $-q_i^o(i_0)$ тең болады, $q_i(i) > 0$. Бұл доғаларға өту қабілеттілігі сәйкесінше $q_i(i)$ тең. Нәтижеде максималды ағын туралы стандартты түрдегі есепті аламыз, оны шешу үшін кез келген белгілі

алгоритмдердің бірін қолданамыз. Егер максималды ағын $q_i^o(i_0)$ -дан кем болған болса, онда бір қабаттың қорытынды есебі, сәйкесінше есеп түгелімен шешімге ие болмайды. Мұндай жағдайда минималды қиылған жер қосымша доғалардан тысқары орналасады [42].

Егер максималды ағын $q_{i_0}(i_0)$ -дан кем болса, онда бірінші қабаттың бастапқы есебі, сонымен бірге барлық есеп шешімі жок. Мұндай жағдайда

минималды қиық қосымша доғалардан тысқары орналасқан болады.

Егер максималды ағын $q_{i_0}(i_0)$ -ге тең болса, онда тепе-теңдік жағдайына инварианттық жаңғыртулар арқылы өтетін ұйғарымды ағын аламыз.

$$\text{sign}_u(v) = \begin{cases} 0, & \text{егер } v \notin C \\ +1, & v \in C, \\ -1, & v \in C, \end{cases}$$

$+1, v \in C$ -циклды айналып өту бағытымен сәйкес келуші бағыт,

$-1, v \in C$ -циклды айналып өту бағытымен қарсы келуші бағыт,

$v \in V$ қатынасын қанағаттандырушы xv болсын. θ санын алайық, кез келген $v \in V$ үшін $\bar{x}_v = x_v + \text{sign}_C^u(v)\theta$ қоямыз, яғни бағыты айналып өту бағытымен сәйкес келетін цикл доғасы үшін xv ағын ұзындығына θ жалғанады, бағыты айналып өту бағытына қарама-қарсы цикл доғасы үшін xv ағын ұзындығына θ жалғанады. Сонда $\bar{x}_v, v \in V$ қатынасын қанағаттандырады.

Тепе-теңдік жағдайын іздеу алгоритмі.

Келтірілген құрылымдар бір қабаттың тепе-теңдік жағдайын іздеу үшін циклдердің бірегей түйілу типіндегі алгоритмдерін қолдануға мүмкіндік береді. Мысалы, $NB_u(0) > \varepsilon$ болған доғаны (шағын санды жеткілікті) іздейміз, егер мұндай доға болмаса, онда қабаттың түйілуін тоқтатамыз, бұл доға үшін $NB_u(\theta) = 0$ есебін шешеміз де, алгоритмді қайта орындауға кірісеміз. Көп қабатты жүйелер үшін доғаны

C еркін циклын қарастырайық. u циклындағы кейбір доғалардың бағытымен сәйкес келуші айналып өтудің еркін бағытын береміз. $\text{sign}_C^u(v)$ сипаттамалық функциясын құрамыз:

барлық қабаттардан және сәйкесінше қабаттардың ішінен іздеу керек.

Қорытынды: Гидравликалық желілер теориясының есептерін шешудегі тәжірибеміз ұсынылған амалдың тиімділігіне сенім арттырады. Осылай, мысалы, шамамен 1500 доға мен 1000 төбешік өлшемділігіндегі қалалық сумен жабдықтау желісінде, жылумен қамтамасыз ету желісіндеағынның таралу есебін 15-30 секунд ішінде дербес компьютерлерде шешу жол-көлік желілеріндегі ағынның таралуы қолайлы болған уақыт ішінде орындалуын топшылауға мүмкіндік береді. Ұсынылған алгоритмдер паралельдеу алгоритмдерін қолдануға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде кең көлемде заманауи көп процессорлы компьютерлік желілерді қолдануға мүмкіндік береді.

Ғылыми зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым министрлігінің гранттық қолдауымен № АР09259547 «Нақты уақыт режимінде эвакуациялау тапсырмалары үшін интеллектуалды ақпараттық технологияларды құру» жобасы аясында, Ақпараттық және есептеуіш технологиялары институтында жүргізілген.

. ӘДЕБИЕТТЕР

[1]Малинецкий Г.Г. Моделирование движения толпы при помощи клеточных автоматов / Известия ВУЗов. Сер. Прикладная нелинейная динамика. 1997. Т. 5. С. 75-79.

[2]Малинецкий Г.Г. Клеточные автоматы для расчета некоторых газодинамических процессов // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1996. Т. 36, № 5. С. 137145.

[3]Малинецкий Г.Г Применение моделей класса решеточных газов для решения задач газодинамики // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1996. Т. 4, № 4,5. С. 59.

[4]Малышкин В.Э. Основы параллельных вычислений. Метод. пособие. Новосибирск: НГТУ, 1998. 55 с.

[5]Мациевский С. В. Нечеткие множества: Учебное пособие.- Калининград: КГУ, 2004. 176 с.

[6]Мелихов А.Н., Л.С. Берштейн, С .Я. Коровин Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. // М.: Наука, 1990. 272 с.

[7]Михаль О.Ф. Организация эволюционных нечетких экспертных систем на локально-параллельных алгоритмах. Международная конференция по индуктивному моделированию "International Conference on Inductive Modelling (ICIM - 2002) ", Труды, Т.3, Львов, 2002. С. 79 - 84.

[8]Михаль О.Ф. Принципы организации эволюционных нечетких систем распознавания образов на локально-параллельных алгоритмах. 8-я Международная конференция "Теория и техника передачи, приема и обработки информации" ("Интегрированные системы, сети и технологии") "ИИСТ-2002". Сб. научных трудов. Харьков: ХНУРЭ, 2002, С. 558 - 560.

[9]ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования, ИПК Издательство стандартов, 1996.

[10] Р.Р. Ягера Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения М.: Радио и связь, 1986.408 с.

[11] Коваленко А.Г. Теоретико-игровой подход и теория гидравлических сетей в проблеме моделирования движения городских транспортных потоков. Вестник Самарского государственного университета. 2013, № 1 (102). Стр. 177-185.

REFERENCES

[1] Malinetskiy G.G. Modeling the movement of the crowd using cellular automata / Izvestiya VUZov. Ser. Applied nonlinear dynamics. 1997.Vol. 5.S. 75-79.

[2] Malinetskiy G.G. Cellular automata for calculating some gas-dynamic processes // Journal of computational mathematics and mathematical physics. 1996. Т. 36, No. 5. S. 137-145.

[3] Malinetskii GG Application of models of the class of lattice gases for solving problems of gas dynamics // Izv. universities. Applied nonlinear dynamics. 1996. Т. 4, No. 4.5. P. 59.

[4] Malyshkin V.E. Fundamentals of Parallel Computing. Method. allowance. Novosibirsk: NSTU, 1998.55 p.

[5] Matsievsky S. V. Fuzzy sets: Textbook.- Kaliningrad: KSU, 2004. 176 p.

[6] Melikhov AN, L.S. Bershtein, S. Ya. Korovin Situational advising systems with fuzzy logic. // Moscow: Nauka, 1990.272 p.

[7] Michal OF Organization of evolutionary fuzzy expert systems based on local-parallel algorithms. International Conference on Inductive Modeling "International Conference on Inductive Modeling (ICIM - 2002)", Proceedings, T.Z., Lvov, 2002. pp. 79 - 84.

[8] Michal O.F. The principles of organizing evolutionary fuzzy pattern recognition systems based on locally parallel algorithms. 8th International Conference "Theory and technology of transmission, reception and processing of information" ("Integrated systems, networks and technologies") "IIST-2002". Sat. scientific papers. Kharkov: KhNURE, 2002, pp. 558 - 560.

[9] GOST 12.1.004-91. Fire safety. General Requirements, IPK Standards Publishing House, 1996.

[10] R.R. Jager Fuzzy sets and the theory of possibilities. Recent achievements M.: Radio and communication, 1986 408 p.

[11] Kovalenko A.G. Game-theoretic approach and the theory of hydraulic networks in the problem of modeling the movement of urban traffic flows. Samara State University Bulletin. 2013, No. 1 (102). P. 177-185.

ҒИМАРАТ ІШІНДЕ АДАМДАР ҚОЗҒАЛЫСЫН МОДЕЛЬДЕУДІҢ НЕГІЗГІ АМАЛДАРЫ

Едилхан Амиргалиев, т.ғ.д., ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; amir_ed@mail.ru

Әлия Қалижанова, ф.-м.ғ.к., ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан; kalizhanova_aliya@mail.ru

Айнұр Козбакова, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы технология университеті, Алматы, Қазақстан; ainur79@mail.ru

Жазира Амиргалиева, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Айгерім Астанаева, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; astanayeva@bk.ru

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ВНУТРИ ЗДАНИЙ

Едилхан Амиргалиев, д.т.н., Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; amir_ed@mail.ru

Алия Қалижанова, к.ф.-м.н, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский университет энергетике и связи им.Г.Даукеева, Алматы, Казахстан; kalizhanova_aliya@mail.ru

Айнұр Козбакова, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан; ainur79@mail.ru

Жазира Амиргалиева, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Айгерім Астанаева, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан; astanayeva@bk.ru

Аннотация: Размещение людей в потоке имеет всегда неравномерный и часто случайный характер. Расстояние между идущими людьми постоянно меняется, возникают местные уплотнения, которые затем рассасываются и возникают снова. Эти изменения неустойчивы во времени. Одним из основных факторов, определяющих скорость движения человека в потоке, является плотность людской массы. В статье рассматривается эвакуация людей из учебного заведения в аварийной ситуации. Для решения данной задачи использованы математические методы и модели движения потоков людей внутри здания

Ключевые слова: Модель, график, метод, алгоритм, максимальный поток, эвакуация.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.112-123

ANALYSIS AND RESEARCH OF THE EXISTING EXPERIENCE IN THE DESIGN AND USE OF VARIOUS MODERN FIBER-OPTIC SENSORS FOR MONITORING THE CONDITION OF MECHANICAL AND BUILDING STRUCTURES

Aliya Kalizhanova, Cand. in Physics. - Math. Sciences, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan; kalizhanova_aliya@mail.ru

Gulzhan Kashaganova, PhD, c, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; guljan_k70@mail.ru

Ainur Kozbakova, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; ainur79@mail.ru

Didar Edilkhan, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Astana IT University, Nursultan, Kazakhstan; yedilkhan@gmail.com

Zhazira Amirgaliyeva, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Almaty, Kazakhstan; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Zhasulan Orazbekov, PhD, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan; o.jas@mail.ru

Abstract. This article provides an overview and discusses the issues of monitoring the design of industrial facilities. Monitoring of the technical condition of important and hazardous production facilities in order to prevent emergency situations leading to damage or destruction of objects is a continuous round-the-clock process of instrumental automated control and registration of individual parameters of the object. Monitoring is carried out using optical, laser and geophysical methods and tools. Monitoring of the technical condition of building structures ensures their safe operation, and the monitoring results are the basis for operational work at industrial facilities. During the monitoring, the processes occurring in the structures of objects and in the ground are monitored. Monitoring is carried out for timely detection at an early stage of trends in negative changes in the condition of structures that may lead to the transition of the object to a limited operational or emergency state, as well as to obtain data necessary for the development of measures to eliminate the negative processes that have arisen. The article analyzes the methods and means of monitoring. The most promising approach is to use fiber-optic sensors as a key element of the monitoring system. Namely, the use of fiber-optic sensors based on fiber Bragg gratings. The types and schemes of fiber-optic sensors based on fiber Bragg gratings are considered. The use of such sensors in the monitoring system will simplify measurements and obtain reliable data, as well as get all new opportunities for simultaneous measurement of various quantities.

Keywords: Monitoring, monitoring methods, fiber optic sensors, fiber Bragg gratings, types of fiber gratings

УДК 004.9

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-112-123

А.У. Калижанова^{1,2}, **Г.Б.Кашаганова**¹, **А.Х. Козбакова**^{1,3}, **Д. Едилхан**^{1,4},
Ж.Е. Амиргалиева¹, **Ж. Оразбеков**^{1,5}

¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан

²Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

³Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

⁴Астана IT университет, г. Нур-Султан, Казахстан

⁵Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОВРЕМЕННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация: В данной статье сделан обзор и рассмотрены вопросы мониторинга конструкции объектов промышленности. Проанализированы методы и средства мониторинга. Наиболее перспективным подходом является использование волоконно-оптических датчиков в качестве ключевого элемента системы мониторинга. А именно применение волоконно-оптических датчиков на основе волоконных решеток Брэгга. Рассмотрены виды волоконно-оптических датчиков на основе волоконных решеток Брэгга. Использование таких датчиков в системе мониторинга позволит наиболее упростить измерение и получить достоверные данные, а также получить все новые возможности измерения различных величин одновременно.

Ключевые слова: Мониторинг, методы мониторинга, волоконно-оптические датчики, волоконные решетки Брэгга, виды волоконных решеток.

Введение. Мониторинг технического состояния важных и опасных производственных объектов с целью предупреждения чрезвычайных ситуаций, приводящих к повреждению или разрушению объектов, представляет собой непрерывный круглосуточный процесс инструментального автоматизированного контроля и регистрации отдельных параметров объекта. Мониторинг осуществляется с использованием оптических, лазерных и геофизических методов и средств. Мониторинг технического состояния строительных конструкций обеспечивает их безопасную эксплуатацию, а результаты мониторинга являются основой оперативной работы на промышленных объектах. В ходе мониторинга контролируются процессы, происходящие в конструкциях объектов и в грунте. Мониторинг проводится для своевременного выявления на ранней стадии тенденций негативных изменений состояния конструкций, которые могут привести к переходу объекта в ограниченное эксплуатационное или аварийное состояние, а также для получения данных, необходимых для

разработки мероприятий по устранению возникших негативных процессов.

На многих промышленных объектах доступ к большинству несущих конструкций существенно ограничен, а работы по традиционному обследованию их технического состояния являются трудоемкими и дорогостоящими. Для мониторинга таких объектов используются специальные методы и технические средства раннего обнаружения и локализации мест изменения состояния сооружений с последующим обследованием технического состояния выявленных опасных участков.

Основные виды методов контроля технического состояния строительных конструкций:

- 1) геодезические методы;
- 2) обследования технического состояния конструкций;
- 3) определение величин нагрузок, напряжений и деформаций в конструкциях с помощью технических средств измерений;
- 4) динамические методы.

Геодезические методы реализуются с использованием современных цифровых первичных преобразователей (датчиков),

спутниковых GPS-технологий и лазерного сканирования строительных конструкций.

Геодезические методы позволяют определить перемещение строительных конструкций в пространстве, измерить их осадки. Полученные данные соответствуют состоянию конструкций на момент измерения, т. е. данные методы реализуются при однократных измерениях и не дают постоянной информации о динамике поведения строительной конструкции.

Обследования технического состояния строительных конструкций часто проводятся путем оценки состояния грунтового массива в основании здания или сооружения. Они зависят от уровня решаемых задач по трудоемкости, стоимости, разрешающей способности и информативности и могут проводиться от измерений в отдельных скважинах до межскважинного состояния. В зависимости от выбора средств контроля технического состояния строительных конструкций допустимо осуществлять контроль дифференциального послойного или суммарного осадка грунта фундаментов сооружений, уровня воды, давления в горных породах и др.

Определение величин нагрузок, напряжений и деформаций в конструкциях с помощью технических средств измерений осуществляется с помощью набора инструментов с использованием датчиков вибрационных напряжений, размещенных в фундаментной плите, а также в стенах, пилонах, колоннах зданий. Исследования проводятся непрерывно в автоматическом режиме.

Динамические методы выполняются различными измерительными приборами. Схемы динамических наблюдений разнообразны и включают как варианты искусственного возбуждения колебаний зданий вибраторами, так и возбуждения колебаний естественными воздействиями, например ветром. Динамические методы дают постоянную картину состояния строительной конструкции, наблюдая за которой можно получить полный спектр

информации об особенностях динамики зданий и сооружений.

Мониторинг технического состояния строительных конструкций, а именно оценка изменения их несущей способности, может осуществляться путем измерения текущих нагрузок на конструкцию, относительных деформаций и перемещений элементов конструкции, соответствующих изменениям внутренних сил и напряжений в их поперечных сечениях. Для этого используются информационно-измерительные системы, оснащенные первичными преобразователями (датчиками), характеризующиеся принципом действия, контролируемые параметрами, дальностью действия, точностью измерений и чувствительностью.

В настоящее время в информационно-измерительных системах контроля технического состояния строительных конструкций применяют следующие первичные преобразователи (датчики):

- тензометрические;
- акустические преобразователи;
- молекулярно-электронные;
- волоконно-оптические.

Тензометрические датчики преобразуют деформации строительных конструкций в электрический сигнал. Это связано с изменением электрического сопротивления датчика при возникновении деформации измеряемого прибора [10]. Тензодатчики могут иметь различные варианты исполнения: проволочные тензодатчики, фольговые тензодатчики, пленочные тензодатчики.

Акустические преобразователи представляют собой чувствительные элементы со спектральным анализом сигналов от волн напряжений в напряженных конструкциях, основанные на измерениях ряда акустических параметров строительных материалов. Установка этих преобразователей возможна как внутри конструкции при строительстве, так и на поверхностях конструкций при эксплуатации.

Молекулярно-электронные преобразователи являются стационарными датчиками для пространственно-временного анализа. Они позволяют точно регистрировать смещения строительных конструкций, вибрации, нормальные и тангенциальные деформации, коррозионные изменения и др.

Волоконно-оптические датчики (ВОД) предназначены для контроля деформаций в элементах строительных конструкций. Действие ВОД основано на зависимости коэффициента отражения света в чувствительном элементе датчика, жестко соединенном с контролируемым строительным конструктивным элементом, от величины деформации этого элемента. Волоконно-оптические датчики, объединенные в единую информационно-измерительную систему, позволяют контролировать не только деформации, но и изменения нагрузок, температуры, влажности, вибрации строительных конструкций и др.

Волоконно-оптические системы мониторинга (ВОСМ) - комплекс контрольно-измерительной аппаратуры (точечные и распределенные волоконно-оптические датчики, интерагаторы, волоконно-оптические линии и мультиплексоры) в сочетании с SCADA-системами, позволяющими в режиме реального времени собирать и обрабатывать данные о различных параметрах объекта мониторинга.

Волоконно-оптические датчики являются относительно новым и чрезвычайно многофункциональным техническим применением оптоэлектроники, волоконной и интегральной оптики. Причины этого кроются в многопараметрической природе самого оптического сигнала – одновременном наличии в нем информации об изменении фазы, амплитуды, длины волны и поляризации во времени и пространстве [1-3]. ВОД и волоконно-оптические измерительные системы (ВОИС) могут иметь распределенные структуры [4], устойчиво работать в течение длительного времени в неблагоприятных условиях:

экстремальных температурах, давлениях, электромагнитных воздействиях, в радиационных, токсичных или агрессивных средах, мало влияющих на оптические волокна. ВОД являются абсолютно безопасными во взрывчатых средах. Важно также то, что ВОД являются легкими, компактными, гибкими и остаются надежными в течение длительного времени эксплуатации и во многих применениях являются потенциально недорогими. На практике ВОД и ВОИС способны решить задачи распределенных измерений, которые невыполнимы с помощью обычных датчиков и измерительных систем.

Например, в целях профилактической диагностики и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, они могут быть встроены в критические сооружения – мосты, плотины, корабли, самолеты, электростанции и другие сооружения, непрерывно контролируя структурную целостность объектов с повышенной точностью и плотностью измерений, тем самым предотвращая возможные катастрофические отказы и разрушения.

С помощью ВОД для мониторинга сооружений определяют следующие параметры:

- давление конструкции на грунт;
- изменения усилий в арматуре;
- линейную деформацию бетона;
- температурные преобразования;
- давление воды на конструкции;
- напряжения (деформации) в конструкциях;
- вибрацию (колебания) здания;
- смещение объекта.

Главным преимуществом любых ВОД является возможность дистанционного мониторинга на расстоянии нескольких километров. В этом случае световод может выступать в качестве кабеля для передачи оптического излучения на чувствительный элемент, расположенный в зоне измерения, и одновременно быть чувствительным элементом датчика. Выполненный из кварцевого стекла световод не боится

влияния погодных условий и агрессивных компонентов городской атмосферы. Отсутствие электроснабжения и каких-либо электрических цепей в световоде исключает возникновение пожароопасной ситуации при эксплуатации ВОД. Оптическое волокно может выступать в качестве кабеля для передачи оптического излучения на чувствительный элемент, расположенный в зоне измерения, а также может одновременно быть чувствительным элементом датчика.

Волоконный световод, являющийся основой любого волоконно-оптического датчика, представляет собой кварцевую нить, структурированную по диаметру. В простейшем случае световод состоит из модифицированного кварцевого сердечника с повышенным показателем преломления и отражающей оболочки из нелегированного кварцевого стекла. В зависимости от области применения сердечник может быть легирован различными элементами: германием, азотом, эрбием, оловом и др. Благодаря добавкам сам световод и датчики на его основе приобретают определенные производственные и эксплуатационные свойства: повышенную чувствительность к температуре, люминесцентные свойства, повышенную термостойкость и повышенную светочувствительность, технологически необходимые для создания ряда волоконно-оптических сенсорных элементов.

Волоконно-оптические датчики представляют собой класс уникальных элементов, обладающих широким диапазоном измеряемых параметров, конструктивной подвижностью и приспособляемостью к различным условиям установки, малыми габаритными размерами, а также способностью выполнять измерения под воздействием мощных электромагнитных полей без потери заданной точности.

Все ВОД можно разделить на два основных типа: распределенные и точечные.

Распределенные датчики используют свойства самого оптического

волокна по всей его длине. Локализованное воздействие на любую часть чувствительного световода может быть зафиксировано по величине и местоположению. Такие датчики в настоящее время широко используются для мониторинга длинных трубопроводов.

Точечные датчики представляют собой конструктивно модифицированный или комбинированный участок волоконного световода и позволяют контролировать параметры в определенной точке или локальной области объекта.

Часто выделяют и третий тип датчиков – квазираспределенные. Такие датчики состоят из массива точечных сенсорных элементов, соединенных единым световодом и единым преобразовательным устройством. В рассматриваемой системе типичным представителем квазираспределенных датчиков могут быть тензодатчики, последовательно объединенные в единую волоконную линию. Такие датчики, обладая всеми преимуществами точечных датчиков, в том числе высокой точностью измерений, позволяют осуществлять разовый мониторинг в различных точках объекта или обеспечивают условно непрерывный мониторинг протяженных объектов.

Рассмотрим классификацию ВОД. Существуют следующие виды ВОД:

1. Интерферометрические датчики:
 - интерферометр Фабри-Перо;
 - интерферометр Маха-Цендера;
 - интерферометр Майкельсона;
 - интерферометр Саньяка.
2. Распределенные датчики:
 - рамановское рассеяние;
 - рэлеевское рассеяние;
 - бриллюэновское рассеяние.
3. Датчики на основе решеток:
 - волоконная решетка Брэгга;
 - длиннопериодная волоконная решетка;
 - чирпированная решетка Брэгга;
 - наклонная решетка Брэгга.

Интерферометрические датчики, лежащие в основе таких датчиков, основаны на известном эффекте световой

интерференции, когда два световых сигнала, взаимодействуя друг с другом, усиливают или гасят друг друга. Эффект зависит от фазы поступающего оптического сигнала, которая изменяется с изменением расстояния, пройденного световым лучом, а именно с изменением так называемого оптического пути.

Принцип работы распределенных датчиков основан на анализе сигнала обратного рассеяния или прямого рассеяния в волокне. Во всех таких системах используется короткий световой импульс, рассеяние которого регистрируется приемной аппаратурой. По времени прихода и величине принятого сигнала можно определить величину и место воздействия на опорное волокно. Точность определения величины воздействия на волокно и его местоположения зависит от длительности импульса и точности определения амплитуды сигнала. Для повышения точности используется многократное усреднение по многим измерениям, что может увеличить время опроса до нескольких минут. Как и в случае интерференционных датчиков, распределенные системы могут быть основаны на различных эффектах: релеевском и рамановском (комбинационном) рассеянии, рассеянии Мандельштама–Бриллюэна и др.

Волоконно-оптические датчики рассеяния активно внедряются в нефтегазовой отрасли для контроля целостности нефте-и газопроводов.

В настоящее время наиболее доступными являются ВОД, основанные

на использовании волоконных решеток Брэгга (ВРБ). ВОД на основе ВРБ создается как основа новой системы мониторинга зданий и сооружений, которая используется для измерения деформаций, вибрации и температуры, что позволяет контролировать перечисленные основные параметры несущих строительных конструкций.

Волоконная решетка Брэгга записывается в оптическом волокне ультрафиолетовым лазером. Они представляют собой участки световода с периодическим изменением показателя преломления вдоль оси. Период решетки определяет ее тип и принцип действия. Наиболее важными в большинстве применений волоконных решеток являются их спектральные характеристики: спектры пропускания и отражения.

Волоконная решетка Брэгга представляет собой участок волоконного световода (как правило, одномодового), в сердцевине которого наведена периодическая структура показатель преломления с периодом L , имеющая определенное пространственное распределение, схематически показанное на рисунке 1. Как правило, решетка формируется в фоточувствительной сердцевине световода 1, в то время как ПП кварцевой оболочки 2 остается неизменным. Такая структура обладает уникальными спектральными характеристиками, которые и определяют ее широкое применение в различных устройствах волоконной оптики.

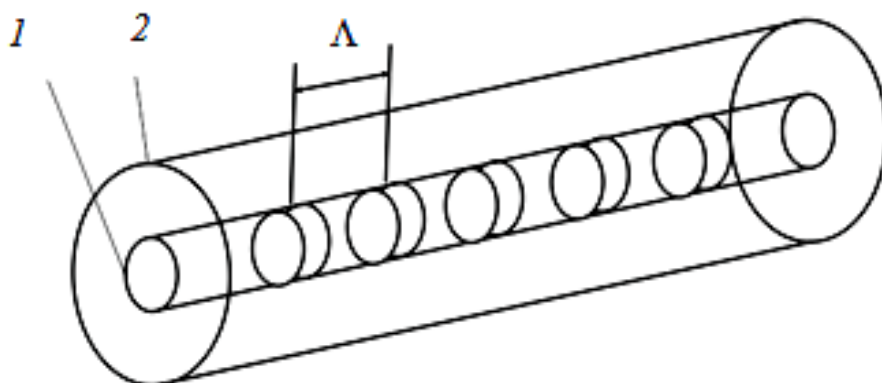


Figure 1 - Schematic representation of a Bragg fiber grating
Рисунок 1 – Схематическое изображение волоконной решетки Брэгга

Структура ВБР выбирается таким образом, чтобы обеспечить необходимое резонансное взаимодействие между модами световода. Взаимодействие мод световода обычно описывается с помощью теории связанных мод, в рамках которой предполагается, что на определенной длине волны только две моды удовлетворяют условию фазового синхронизма и таким образом могут эффективно передавать друг другу энергию.

Волоконные брэгговские решетки связывают основную моду световода с той же модой, распространяющейся в противоположном направлении. Это означает, что на определенной длине волны, распространяющееся по оптическому волокну излучение отражается от решетки полностью или частично - в зависимости от параметров решетки. Лазеры, используемые для записи ВБР, могут быть как непрерывными, так и импульсными, с длиной волны излучения от инфракрасного до ультрафиолетового диапазона спектра. Среди основных методов записи ВБР выделяют пошаговый метод, метод фазовой маски и интерферометрический метод.

Волоконная решетка Брэгга имеет период, по порядку величины сопоставимый с длиной волны опорного сигнала датчика. Такая решетка обладает

уникальным свойством отражать свет в узком спектральном диапазоне с максимумом на длине волны λ_B , определяемым по закону Брэгга:

$$\lambda_B = 2\Lambda n,$$

где Λ – период решетки;
– усредненный показатель преломления световода для распространяющейся в нем моды.

Изменение температуры окружающей среды приводит в основном к изменению показателя преломления материала световода. Это, в свою очередь, отражается на изменении длины волны отражения. Для анализа сигнала ВОД с ВРБ датчика используется портативный узкополосный спектрометр. А также механическое воздействие приводит к изменению ее периода. Именно этот эффект лежит в основе оптических тензодатчиков, широко используемых для контроля состояния сложных инженерных сооружений. Одновременный контроль температуры позволяет учитывать температурные деформации объекта, повышая точность измерения. Кроме того, ВОД на основе ВРБ при необходимости может быть оптимизирован для измерения давления и т. п.

ВОД на основе ВРБ имеют чрезвычайно малый вес и размер – всего 0,12 мм в диаметре и 3...5 мм в длину,

высокую чувствительность и малую инертность показаний. Они могут быть установлены в труднодоступных местах. Однако, как упоминалось выше, самым примечательным свойством ВОД на основе ВРБ является возможность их объединения в массивы с использованием одного подводящего световода и одного блока анализатора. Резонансная (Брэгговская) длина волны является уникальным свойством датчика. Датчики с различными значениями этого параметра могут быть безболезненно объединены в последовательную цепь, получив на выходе многопиковый спектральный сигнал. Таким образом, одновременно с помощью всего одного одноканального прибора можно анализировать состояние до сотни датчиков. Это уникальное свойство решеток Брэгга дает существенное преимущество. Вместо использования тяжелых и негабаритных многожильных электрических кабелей достаточно протянуть всего один волоконный световод, соединяющий десятки датчиков с блоком анализатора. Именно благодаря уникальным свойствам большое количество современных сенсорных систем мониторинга состояния конструкций основано именно на волоконно-оптических датчиках на основе ВРБ – наиболее перспективных, надежных и удобных.

Волоконные решетки Брэгга получают разными из-за различий в структуре и фоточувствительности используемых волокон, вдобавок к особенностям условий записи и лазеров, с помощью которых производится запись.

Длиннопериодные решетки. Этот термин относится к брэгговской решетки, которая была получена в результате облучения изменения интенсивности УФ-лучей вдоль решетки. Длиннопериодные решетки содержит множество компонентов решетки ΔL в длину и разделяющих их участков без модуляции показателя преломления длины индекса δl , так называемые "мертвые зоны". Следует отметить, что длина компонентов решетки и длины "мертвых зон", может изменяться.

Спектр света, отраженного от такой структуры, имеет ряд узких пиков.

Волоконные длиннопериодные решетки имеют ряд важных применений в различных волоконно-оптических устройствах, таких как волоконные датчики физических величин [6-8], спектрально-селективные поглощающие фильтры, в том числе перестраиваемые, модуляторы оптического излучения и другие. Одним из важных применений длиннопериодных решеток в системах телекоммуникаций: сглаживание спектра усиления волоконных усилителей, применяемых в системах со спектральным уплотнением каналов, а также спектров люминесценции широкополосных источников. Основными достоинствами данного метода являются простота изготовления решеток и их использования, широкий спектральный диапазон и высокое усиление после сглаживания, низкие потери на длине волны накачки, отсутствие отраженной волны.

Основным отличием ДПВР от решеток Брэгга является период изменения показателя преломления в оптическом волокне. Для волоконных решеток Брэгга значение периода имеет тот же порядок, что и длина волны, в то время как для ДПВР значение периода составляет несколько сотен микрометров. В связи с этой физической особенностью ДПВР отличаются простотой изготовления, а также более высокой стойкостью к внешним воздействиям, в частности высоких температур (свыше 300°C) и ионизирующим излучениям.

Чирпированные решетки. Решетки, период которых варьируется в зависимости от положения вдоль волокна, называются чирпированные решетки. Период может быть изменен различными способами: например, симметрично (по возрастанию или убыванию) до точки, в половине длины решетки. А также может изменяться линейно с длиной решетки или могут быть квадратными. Другой альтернативой является изменение среднего эффективного показателя преломления по длине решетки, что может

быть достигнуто путем изменения амплитуды профиля показателя преломления модуляции, либо сужающегося волокна в области длины решетки. Разные длины волн отражаются от разных участков решетки, имеющих разный период: длинные волны отражаются от участка с большим периодом, короткие волны проходят больший путь и отражаются от области с малым периодом. В результате этого, несмотря на разные скорости длинных и коротких волн, а также пройденные ими расстояния, время их прихода к пункту назначения одинаково.

Благодаря своим характеристикам, чирпированные решетки могут быть использованы, главным образом, в сфере телекоммуникаций, где они используются для компенсации дисперсии для того, чтобы сжать импульсы, расширившиеся в течение времени распространения. Широкополосные чирпированные решетки также могут быть использованы для подавления непоглощенной накачки в эрбиевом усилителе и выравнивания его спектра.

Наклонная решетка Брэгга. 1990 году G. Meltz и др. были первыми, которые ввели наклонные решетки [9]. Наклон плоскости штриха по отношению к оси волоконного световода приводит к эффективной связи с оболочечными и излучающими модами и, таким образом, формирует узкополосный фильтр поглощения, который используется для подавления нежелательного излучения в резонаторах волоконных лазеров и сглаживания спектров люминесценции и усиления.

Это структура, в которой плоскость решетки Брэгга не перпендикулярна оси волокна, но образует угол типично 45° .

Наклонные волоконные решетки Брэгга (НВРБ) могут использоваться в качестве чувствительных элементов для измерения различных физических величин. Одним из их наиболее интересных свойств является способность измерять показатель преломления окружающей среды (ППОС) путем наблюдения за поведением

оболочки. Применение НВРБ в измерении показателя преломления (ПП) позволяет достичь высокой чувствительности и повторяемости при сохранении относительно низкой чувствительности к перекрестным помехам. Наклонные решетки Брэгга сохраняют почти все преимущества датчиков на основе традиционных решеток, таких как способность дистанционного зондирования, и используются для создания многопараметрических датчиков чрезвычайно малого веса и размера, что позволяет встраивать или прикреплять датчики к проверенным структурам. Изменения ПП оказывают влияние на спектр передачи НВРБ при условии, что исследуемое вещество будет охватывать оболочку секции оптического волокна с чувствительным элементом. В результате на моды, распространяющиеся на границе между оболочкой волокна и окружающим веществом, будут влиять изменения показателя преломления. НВРБ обладают уникальными способностями к восприятию.

Поскольку показатель преломления сердцевины выше, чем самый высокий эффективный показатель мод оболочки, на эти волокна просто направить свет от полного внутреннего отражения. Особенность НВРБ состоит в том, что они чувствительны к окружающему показателю преломления вне решетки, благодаря которым они могут функционировать как рефрактометры [7-9] и концентраторы [10, 11]. НВРБ, которые имеют большие углы наклона, также чувствительны к состоянию поляризации инцидента свет. Следовательно, они могут служить поляриметрами [12-14], датчиками скручивания [15] и зависящими от поляризации потери тембрами звука [16].

Основным параметром, влияющим на спектральный характер наклонной решетки, является угол наклона плоскостей модуляции. Увеличение угла означает, что спектр показывает потери мощности для режимов мантии на все более коротких длинах волн.

Спектр пропускания НВБР $T(\lambda)$ содержит десятки спектральных провалов, полученных из мод оболочки. Угол наклона определяет, какие моды будут видны в спектре и с какой интенсивностью. Под влиянием внешних изменений показателя преломления изменяются как амплитуда, так и длина волны спектральных линий.

Заключение.

Применение волоконно-оптических датчиков для мониторинга состояния различных промышленных конструкций в настоящее время является весьма перспективным. Волоконно-оптические

датчики на основе волоконных решеток Брэгга отличаются оперативностью, информативностью и достоверностью выдаваемых параметров, которые необходимы для принятия решений при исследовании чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах. Исследования проводились в рамках проекта ГФ №АР09259547 «Разработка системы из распределенных волоконно-оптических датчиков на основе волоконных решеток Брэгга для контроля состояния строительных конструкций» ИИВТ КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. М.: Энергоатомиздат, 1990.- 256 с.
- [2] Волоконно-оптические датчики/ Окоси Т., Окамото К., Оцу М. и др; -Л.: Энергоатомиздат, 1991. -256 с.
- [3] Labs J. Verbindungstechnik für Lichtwellenleiter. -Berlin, Technik, 1989. -287 s.
- [4] Распределенные волоконно-оптические датчики и измерительные сети/Кульчин Ю.Н. -М: Физматлит, 2001. -272 с.
- [5] Васильев, С.А. Волоконные решетки показателя преломления и их применения / С.А. Васильев, О.И. Медведков, И.Г. Королев, А.С. Божков, А.С. Курков, Е.М. Дианов // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35, № 12. – С. 1085-1103
- [6] Вуйцик В., Кашаганова Г.Б. Исследование спектральных характеристик волоконных брэгговских решеток //Труды II Международной научно-практической конференции «Информационные и телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика». – Алматы, Казахстан, 3-4 декабря 2015.– Т.II. – С. 77-81.
- [7] Амиргалиева С., Кашаганова Г., Калижанова А., Картбаев Т. Волоконно-оптические датчики на основе волоконных решеток Брэгга Вестник КазНУТУ №3 (127) 2018 с.347-355 ISSN: 1680 – 9211
- [8] Вуйцик В., Калижанова А.У., Кисала П., Кашаганова Г.Б., Козбакова А.Х. Измерительная система с использованием волоконно-оптических датчиков с волоконной решеткой Брэгга Вестник КазНУТУ №2 (132) 2019 с.517-523 ISSN: 1680 – 9211
- [9] G. Meltz, W. W. Morey, and W. H. Glenn, "In-fiber Bragg grating tap," in *Conference on Optical Fiber Communications, OFC'90*, San Francisco, Calif, 1990, p. TUG1.
- [10] K. Zhou, X. Chen, L. Zhang, I. Bennion, Optical chemsensors based on etched fibre Bragg gratings in D-shape and multimode fibres, Bruges, Belgium (2005).
- [11] K. Zhou, X. Chen, L. Zhang, I. Bennion, *Measurement Science and Technology*, 17, 1140(2006).
- [12] J. Peupelmann, E. Krause, A. Bandemer, C. Schaffer, *Electronics Letters*, 38, 1248(2002).
- [13] A. Bouzid, M. A. G. Abushagur, A. El-Sabae, R. M. A. Azzam, *Optics Communications*, 118, 329(1995).
- [14] P. S. Westbrook, T. A. Strasser, Compact, in-line, all-fiber polarimeter using fiber gratings, Baltimore, MD, USA(2000).

[15] X. Chen, K. Zhou, L. Zhang, and I. Bennion, IEEE Photonics Technology Letters, 18, 2596(2006).

[16] S. J. Mihailov, R. B. Walker, T. J. Stocki, D. C. Johnson, Electronics Letters, 37, 284(2001)

REFERENCES

[1] Busurin V.I., Nosov Yu.R. Fiber Optic Sensors: Physical Basics, Calculation and Application Issues. М.: Energoatomizdat, 1990. - 256 p. Fiber optic sensors / Okoshi T., Okamoto K., Otsu M. et al; -L.: Energoatomizdat, 1991.-256 p.

[2] Labs J. Verbindungstechnik für Lichtwellenleiter. -Berlin, Technik, 1989.-287 s.

[3] Distributed fiber-optic sensors and measuring networks / Kulchin Yu.N. -M: Fizmatlit, 2001.-272 p.

[4] Vasiliev, S.A. Fiber gratings of the refractive index and their applications / S.A. Vasiliev, O. I. Medvedkov, I.G. Korolev, A.S. Bozhkov, A.S. Kurkov, E.M. Dianov // Quantum Electronics. - 2005. - Т. 35, No. 12. - S. 1085-1103

[5] Vuytsik V., Kashaganova G.B. Investigation of the spectral characteristics of fiber Bragg gratings // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Information and Telecommunication Technologies: Education, Science, Practice". - Almaty, Kazakhstan, 3-4 December 2015.- Vol. II. - S. 77-81.

[6] Amirgalieva S., Kashaganova G., Kalizhanova A., Kartbaev T. Fiber-optic sensors based on Bragg fiber gratings Bulletin of KazNRTU No. 3 (127) 2018 p.347-355 ISSN: 1680 - 9211

[7] Vuytsik V., Kalizhanova A.U., Kisala P., Kashaganova G.B., Kozbakova A.Kh. Measuring system using fiber-optic sensors with Bragg's fiber grating Bulletin KazNRTU №2 (132) 2019 p.517-523 ISSN: 1680 - 9211

[8] G. Meltz, W. W. Morey, and W. H. Glenn, "In-fiber Bragg grating tap," in Conference on Optical Fiber Communications, OFC'90, San Francisco, Calif, 1990, p. TUG1.

[9] K. Zhou, X. Chen, L. Zhang, I. Bennion, Optical chemsensors based on etched fiber Bragg gratings in D-shape and multimode fibers, Bruges, Belgium (2005).

[10] K. Zhou, X. Chen, L. Zhang, I. Bennion, Measurement Science and Technology, 17, 1140 (2006).

[11] J. Peupelmann, E. Krause, A. Bandemer, C. Schaffer, Electronics Letters, 38, 1248 (2002).

[12] [A. Bouzid, M. A. G. Abushagur, A. El-Sabae, R. M. A. Azzam, Optics Communications, 118, 329 (1995).

[13] P. S. Westbrook, T. A. Strasser, Compact, in-line, all-fiber polarimeter using fiber gratings, Baltimore, MD, USA (2000).

[14] X. Chen, K. Zhou, L. Zhang, and I. Bennion, IEEE Photonics Technology Letters, 18, 2596 (2006).

АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОВРЕМЕННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Алия Калижанова, к.ф.-м.н, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан; kalizhanova_aliya@mail.ru

Гулжан Кашаганова, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; guljan_k70@mail.ru

Айнур Козбакова, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан; ainur79@mail.ru

Дидар Едилхан, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Астана IT университет, Нурсултан, Казахстан; yedilkhan@gmail.com

Жазира Амиргалиева, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Жасулан Оразбеков, PhD, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан; o.jas@mail.ru

МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫС КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ КҮЙІН БАҚЫЛАУ ҮШІН ӘРТҮРЛІ ЗАМАНАУИ ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ДАТЧИКТЕРДІ ЖОБАЛАУ МЕН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Әлия Қалижанова, ф.-м. ғ. к., ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан; kalizhanova_aliya@mail.ru

Гүлжан Қашағанова, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; guljan_k70@mail.ru

Айнұр Козбакова, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы технология университеті, Алматы, Қазақстан; ainur79@mail.ru

Дидар Едилхан, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Астана IT университеті, Нурсултан, Қазақстан; yedilkhan@gmail.com

Жазира Амиргалиева, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы, Қазақстан; zh.amirgaliyeva@gmail.com

Жасулан Оразбеков, PhD, ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан; o.jas@mail.ru

Аңдатпа. Бұл мақалада өнеркәсіп нысандарының конструкциясына шолу жасалып, мониторинг мәселелері қаралды. Мониторинг әдістері мен құралдары талданды. Мониторинг жүйесінің негізгі элементі ретінде талшықты-оптикалық датчиктерді пайдалану ең тиімді тәсілдер болып табылады. Мониторинг жүйесінде осындай датчиктерді пайдалану өлшеуді неғұрлым жеңілдетуге және дұрыс деректер алуға, сондай-ақ бір мезгілде әртүрлі шамаларды өлшеудің барлық жаңа нұсқаларын алуға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: Мониторинг, мониторинг әдістері, талшықты-оптикалық датчиктер, талшықты Брэгг торлары, талшықты тор түрлері.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.124-134

УДК 621.1/5

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-124-134

A.R. Fazylova
Satbayev University

ASSESSMENT OF THE PROSPECT FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE WORLD AND KAZAKHSTAN

Annotation. The world energy industry today is at a new stage of development, which is characterized by the strengthening of integration processes, the development of new technologies in the field of extraction and production of energy resources. The energy sector of Kazakhstan was designed with the understanding that it was part of the energy sector of the Soviet Union. Today Kazakhstan follows international development trends in the field of energy. To make a reliable forecast of the Kazakhstani energy sector, it is necessary to look at the global processes in the development of the world energy industry. There are several organizations that have this information. These are the International Energy Agency (IEA), the UN, the World Bank, large-scale international companies, etc. In forecasting energy consumption in Kazakhstan, as part of the Eurasian Economic Union (EAEU), it is important to look at the forecasts for the EAEU member countries. This article provides basic information on forecasting the growth of electricity consumption in the world and in Kazakhstan, based on various sources. It also provides a comparative analysis of the use of various sources of electrical energy. A detailed analysis of the energy sector of Kazakhstan and the prospects for the use of renewable energy in Kazakhstan are considered.

Keywords: wind turbine, energy resources, electric energy, forecast of electricity use, Renewable sources, traditional sources

The key indicator for forecasting energy consumption is energy demand, which directly depends on the quantitative indicator of the population. However, there are other important factors that affect obtaining a reliable forecast. This is the economic situation in the country as a whole, and such indicators as energy consumption per capita, energy intensity, human factor, the qualitative composition of the population by professional preferences, occupation, etc. After all, as you know, all these details can also significantly affect the energy consumption of a particular category of the population. In addition, such

an indicator as an increase in energy consumption per capita can be considered as a key indicator of improving the quality of life of people and their well-being. This is the case when the result of the country's economic development works to improve the living standards of consumers.

As for the intensity of electricity use per unit of GDP, it directly affects the progress of technological development. Thus, it can be seen that three key indicators should be taken into account. (According to the latest UN forecasts, in 2040 the world population will reach 9.1 billion people (Figure 1) [1].

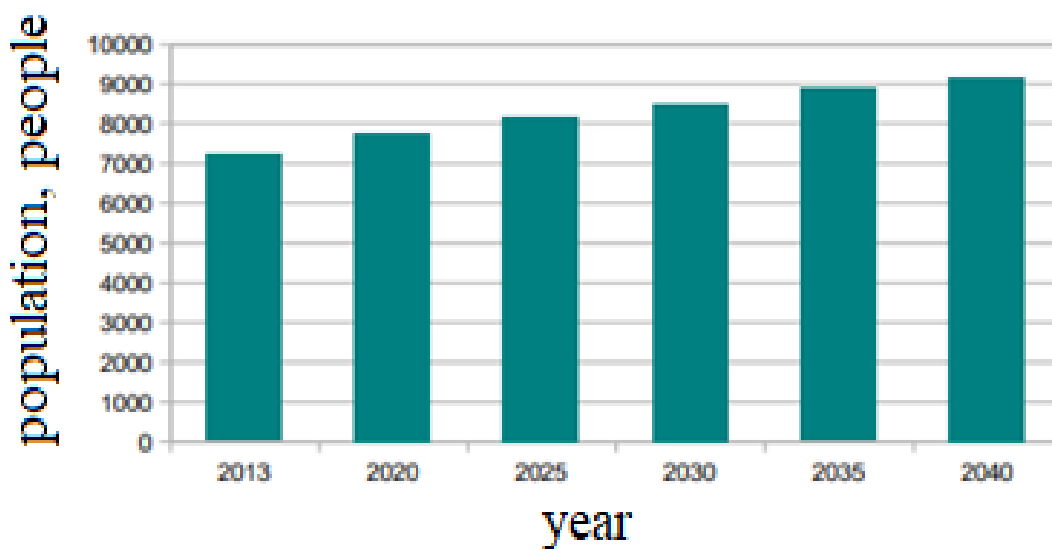


Figure 1 - Forecast of world population growth according to UN data

Africa, Asia and India will provide the most significant population growth (83% and 33%). So, Asian countries will be the most populous and therefore have the highest energy demand (Figure 2). Technological advances will undoubtedly have an impact on the energy sector.

The most urgent problem in the real energy sector is the problem of energy conservation. This problem has both economic and environmental components as

the driving force for innovation. There are many predictions based on the assumption that there will be no technological revolution in the energy sector in the near future. The energy intensity of GDP per capita is expected to decrease by almost 1.5 times by 2040 (Figure 3). But due to population growth, total electricity consumption will grow (Figure 1.4). Energy consumption per capita is a key factor in the quality of life, and this figure will rise from 1.88 to 1.92 per person.

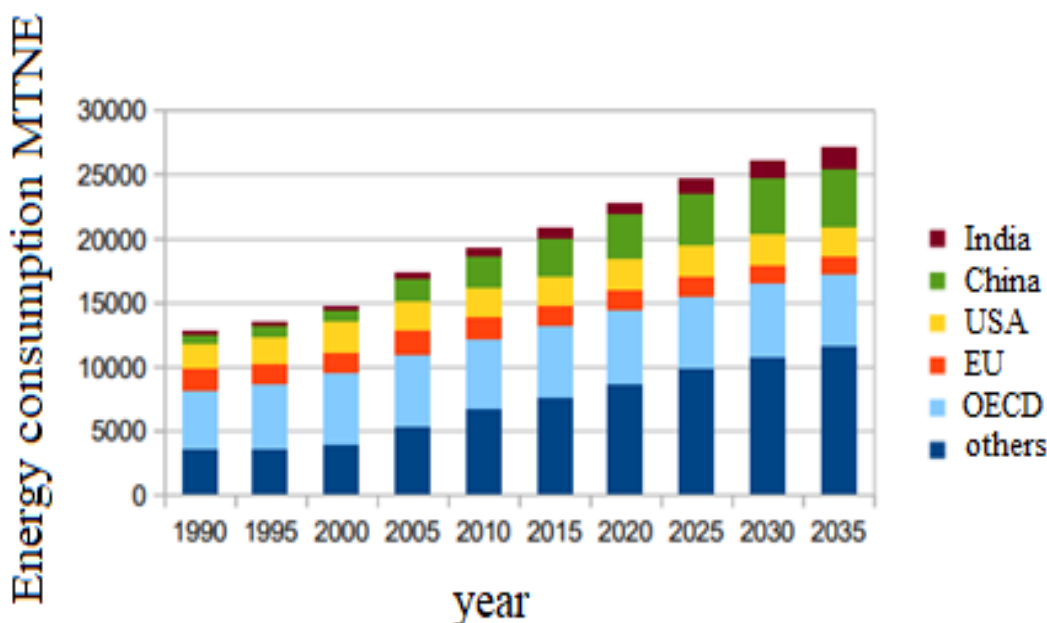


Figure 2 - Energy consumption by region [4]

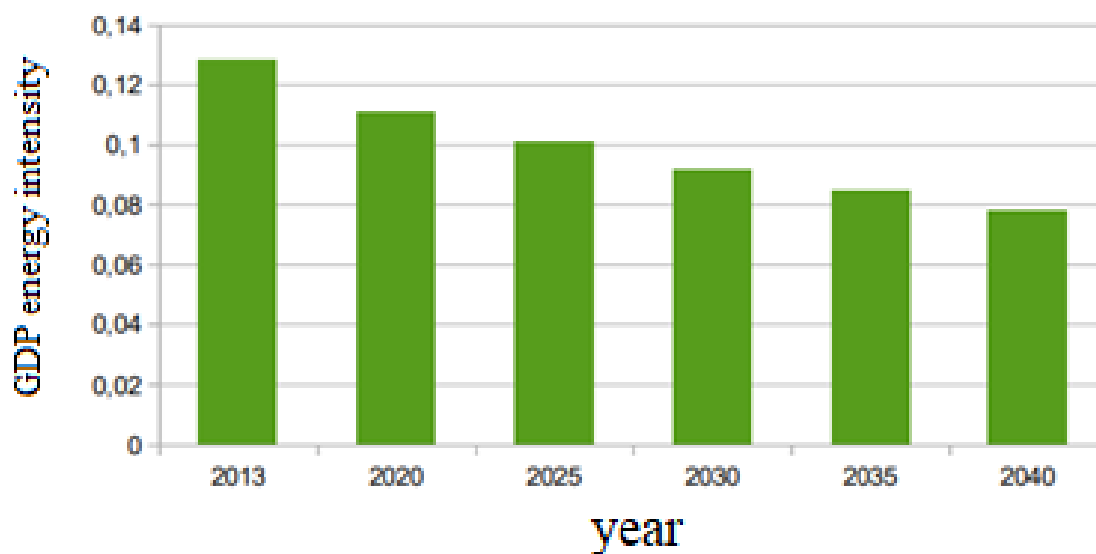


Figure 3 - Dynamics of energy intensity of GDP [3]

It is also important to consider the forecast of the structure of energy consumption in the world. Environmental, economic issues and technical breakthroughs in the industry of certain energy sources will

change the pattern of energy consumption over several decades. The share of hydrocarbons will be reduced and a large increase in renewables and nuclear energy is expected (Figure 5).

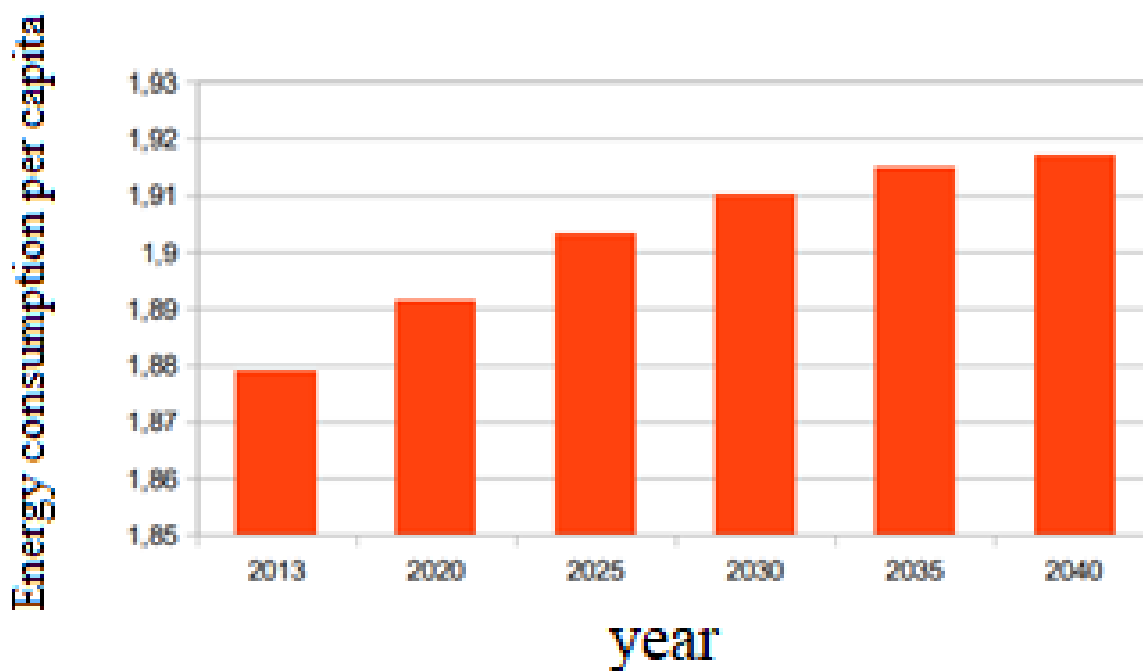


Figure 4 - Energy consumption per capita

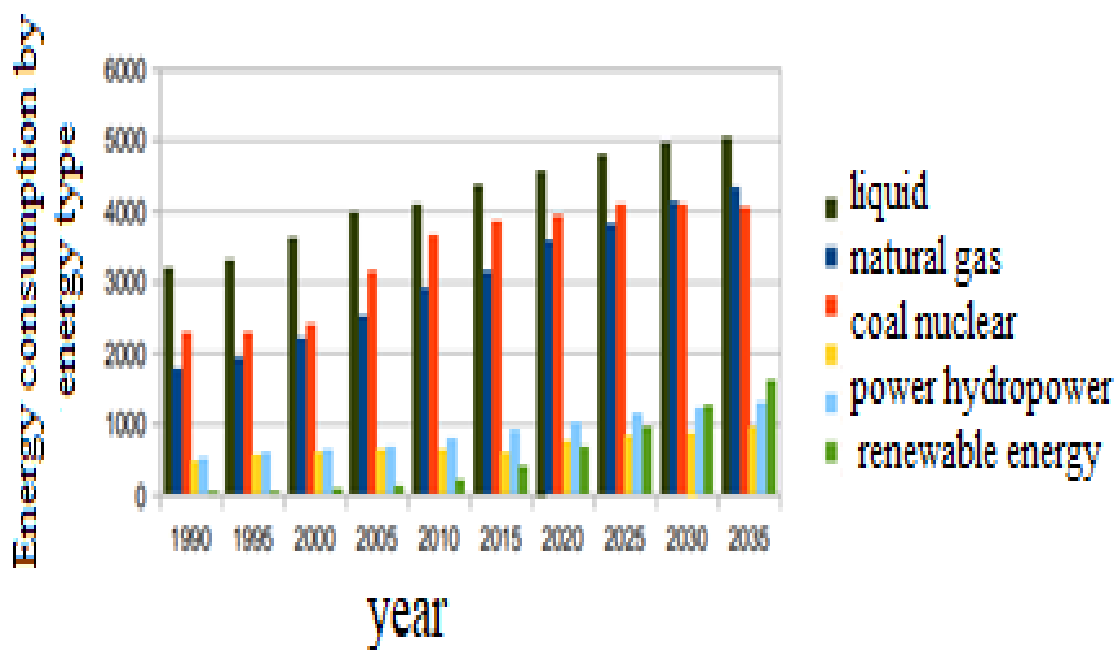


Figure 5 - Structure of energy sector consumption by fuel type. BP forecast [4]

Consider the forecast of the structure of energy production in the world. Due to the growing demand for energy consumption, it is

necessary to install additional power plants (Figure 6).

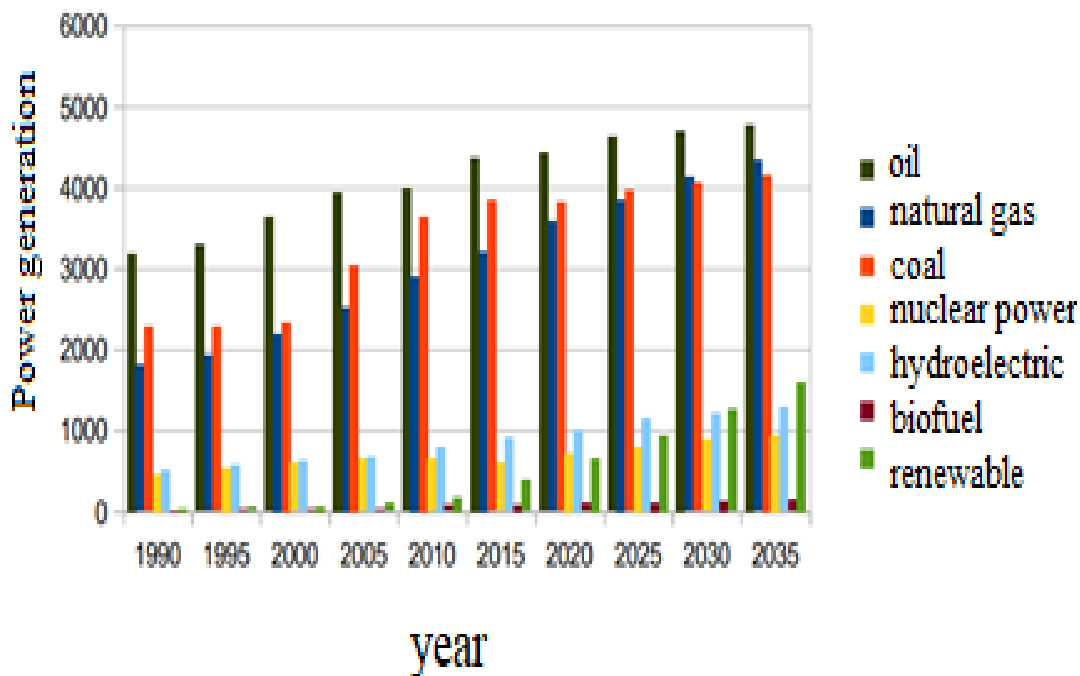


Figure 6 - The structure of production in the energy sector according to the BP forecast [4]

The share of renewable energy sources will also grow (Figure 7)

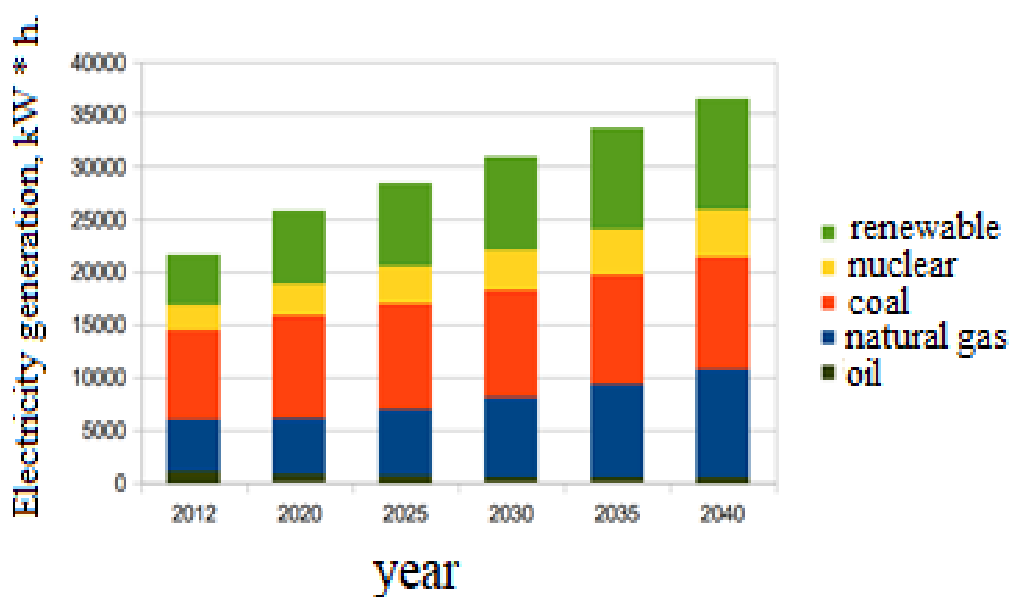


Figure 7 - Structure of production in the energy sector according to the US Energy Information Administration (EIA) [2]

Speaking about the forecast of energy production and consumption in the EAEU countries, we can say that Kazakhstan was one of the founders of the Eurasian Economic Union (EAEU), which was created in 2014 [5]. In contrast to the global demographic

growth, population growth in the EAEU countries is expected to decrease in 2030–2040. (Figure 8). However, population decline does not affect the growth of energy consumption in the EAEU countries (Figure 9)

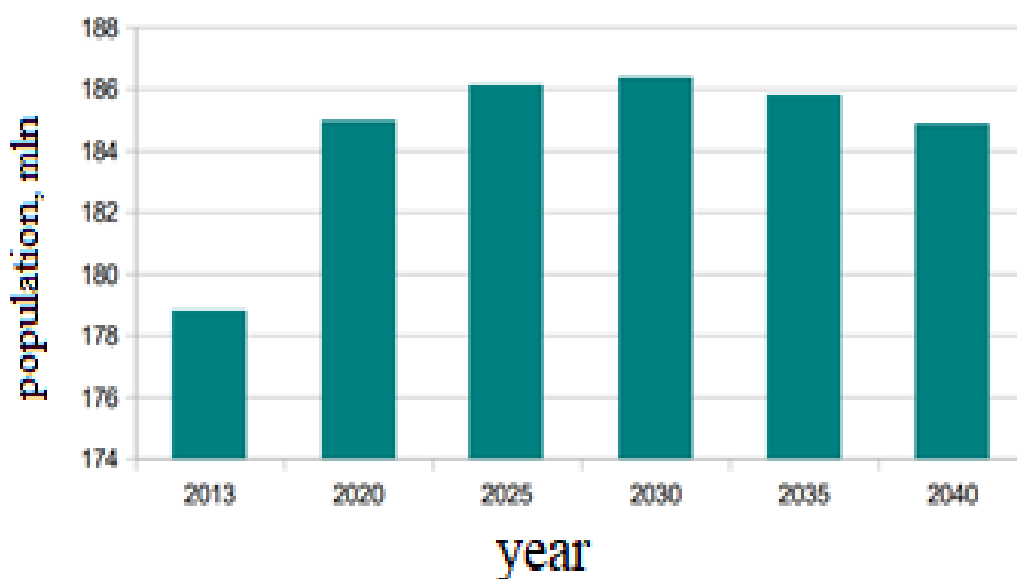


Figure 8 - Forecast of the EAEU population according to the data of the Research Institute of Energy of Russia [3]

Thus, the level of energy consumption per capita will reach 5.15 TOE per person (Figure 1.9). Which is much higher than in the world (1.92). Thus, an increase in the quality of life is expected in the region. The use of

modern technologies and the implementation of energy efficient programs in the EAEU countries will lead to a decrease in the energy intensity of GDP (Figure 10).

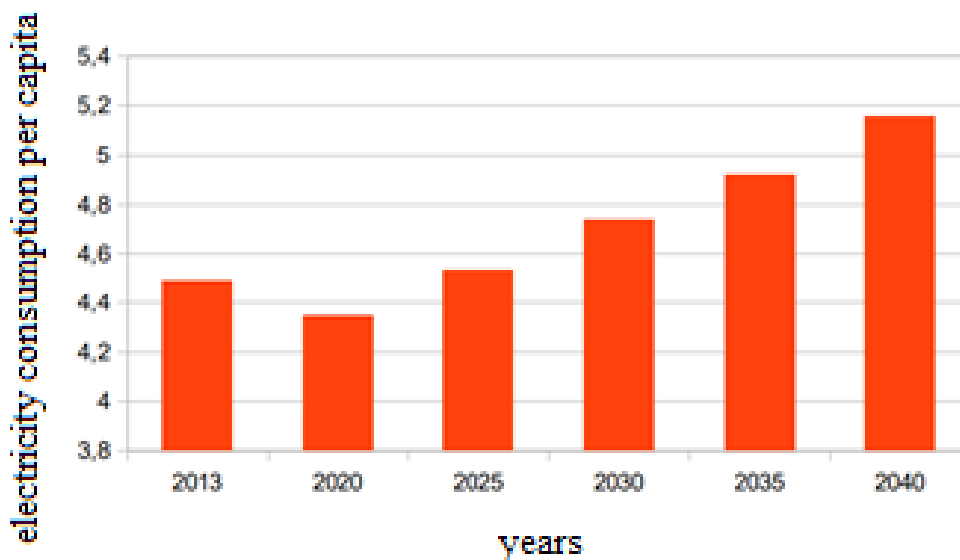


Figure 9 - Dynamics of energy consumption per capita in the EAEU [3]

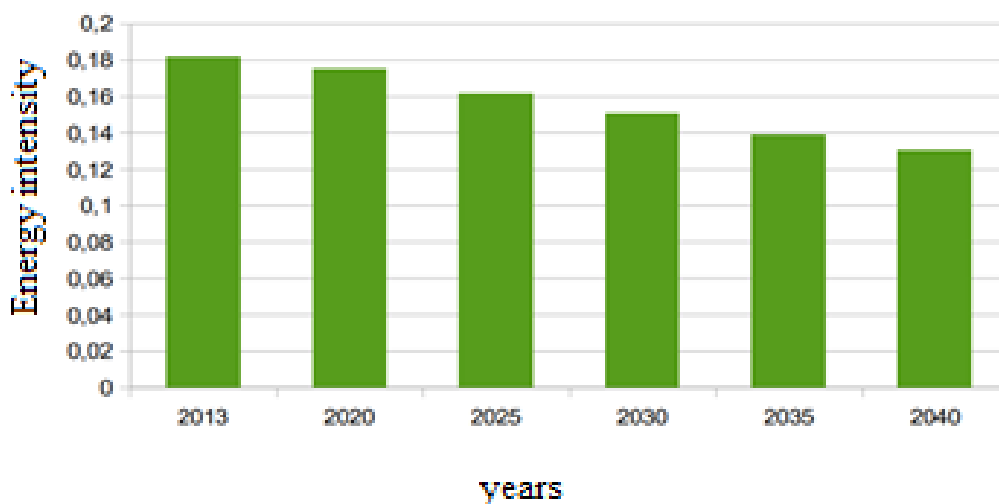


Figure 10 - Dynamics of energy intensity of GDP in the EAEU [3]

The availability of natural resources in the region will be reflected in the structure of primary energy consumption. Natural gas is

the most demanded energy source in the EAEU (Figure 11).

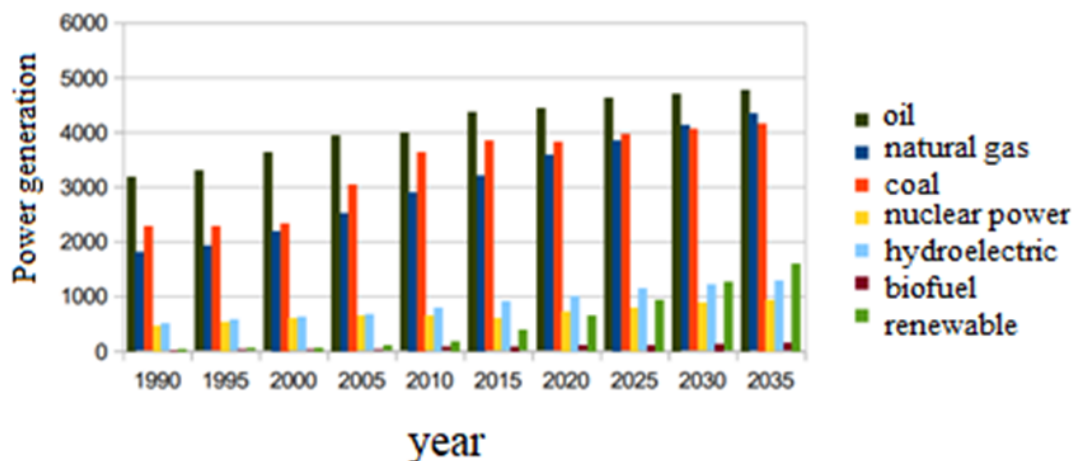


Figure 11 - Structure of consumption of the energy sector by fuel type in the EAEU according to the Institute of Energy Research of the Russian Academy of Sciences [3]

Energy sector of Kazakhstan

Figure 13 shows that both consumption and production of electricity are growing steadily. Objects of the energy sector of Kazakhstan in percentage terms are shown in Figure 14. In total, 63 power plants are in operation today. The basis of the electric power industry in Kazakhstan is made up of large coal-fired power plants (Ekibastuzskaya GRES (GRES) 1 - 4 million kW, Aksu GRES - 2.1 million UAH kW, Zhambyl GRES - 1.2 million kW, Ekibastuz GRES-2 - 1 million

kW). The group of the largest hydroelectric power plants includes: on the Irtysh River Bukhtarminskaya HPP - 0.7 million kW, Ust-Kamenogorsk HPP - 0.3 million kW and Shulbinskaya HPP - 0.7 million kW, on the Ili River Kapchagayskaya HPP - 0.4 million kW. KW. The largest thermal power plants that provide heat and electricity to large industrial enterprises and nearby settlements include: Pavlodar thermal power plant (TPP), Shymkent TPP, Balkhash TPP, Rudnenskaya TPP and others



Figure 13 - Dynamics of production and consumption of electricity in the Republic of Kazakhstan during 1990–2020

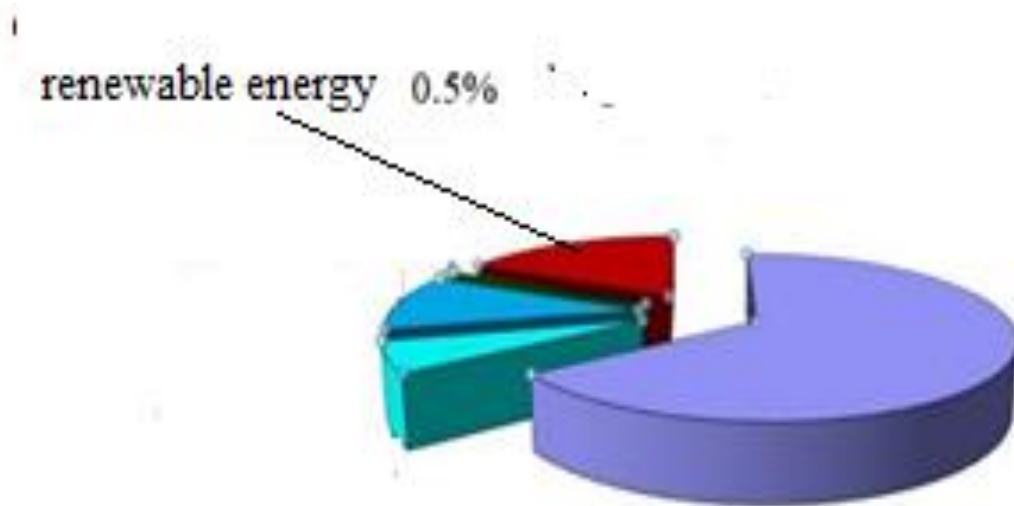


Figure 14 - Structure of the installed capacity of power plants in Kazakhstan

A fairly powerful energy system was created in the Soviet era, based on the maintenance of energy-intensive industry, mining and primary processing of raw materials (in particular, the production of aluminum, ferroalloys, copper). Despite the fact that consumption in the 1990s fell by half, the balance of electricity remained in deficit: the volume of imports amounted to 37% of the total consumption. Only since

2002 has the import of electricity ceased to exceed export for the first time. For example, in 2010 Kazakhstan imported 6.2 billion kWh of electricity (Table 1), including 4.6 billion kWh from Russia and 1.6 billion kWh from Kyrgyzstan. Russian electricity is supplied to consumers in Western Kazakhstan, while Kyrgyz electricity is supplied to consumers in the southern regions of the country.

Table 1 - Export and import of electricity, billion kWh

| year | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| import | 3,5 | 4,0 | 3,4 | 2,8 | 1,7 | 6,2 |
| Export | 3,6 | 3,7 | 3,3 | 2,5 | 2,4 | 4,7 |

Renewable energy sources and their prospects in Kazakhstan

The concept of a "green" economy is in force in Kazakhstan, and a draft law has been created to date, where a plan for the development of renewable energy has been developed. In accordance with this concept, the share of renewable energy in the country by 2020 will be 3% of the total electricity production, and by 2030 it should be 10%, by 2050 - 50%. This forecast is based on the available potential of alternative energy sources. Thus, the potential of solar energy is 3000 hours of sunshine per year, the energy of the wind flow was estimated at 920 billion kWh per year, and the potential of hydropower is 62 billion kWh per year [1]. Also in 2009, the law "On Supporting the Use of Renewable Energy Sources" [2] was approved, this law is aimed at supporting the use of alternative energy sources in the generation of heat or electricity. There are 99 renewable sources in Kazakhstan as of May 2020, including:

- SES - 37;
- WPP - 21;
- BioES - 4;
- HPP - 37.

The total capacity is 1,361 MW, including:

- SPP - 797.6 MW;
- WPP - 335.9 MW;
- BioPP - 2.82 MW;
- HPP - 224.6 MW.

The total electricity generation from renewable energy sources in 2020 amounted to 2.4 billion kWh, which corresponds to 2.3% of the total electricity generation in the Republic of Kazakhstan. The Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan expects continued growth in the production and consumption of electricity in the country. Thus, in the next five years, the average growth rate of electricity consumption will be 2% and will increase from 110.1 billion kWh in 2020 to 120.9 billion kWh in 2025, According to the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, the average annual growth rate of electricity production in 2020-2025 will be 3%. As a result of lower consumption, the excess supply of electricity

over this period will grow by 123%, or an average of 17.5% per year, to 14.1 billion kWh, compared with a surplus of 6.3 billion kWh in 2020 year. By 2025, 28% of all electricity production will come from plants commissioned between 2020 and 2025, which indicates the need for additional capital investments in this industry. At the same time, 19% of the stations planned for commissioning will be renewable energy sources. 12.7 billion tenge in dividends paid by KEGOC to its shareholders in June 12.7 billion tenge in dividends paid by KEGOC to its shareholders in June

The question of increasing their own savings for many is becoming more and more. The demand for maximum electrical load from 2020 will increase from 18,205 MW to 20,262 MW in 2025. The total installed capacity of the power plant in Kazakhstan over this period will grow by 13.2% from 23,867 MW in 2020 to 27,017 MW in 2025.

Conclusion.

Thus, two main opposite processes: population growth and GDP energy intensity affect future energy consumption and electricity production in the world and the EAEU, which includes Kazakhstan. As the charts discussed in this section show, the demand for energy will continue to grow. The challenge for the energy sector is to increase electricity production as required. According to forecasts of power engineers, most of the energy potential is still in hydrocarbons. However, unstable prices, an unclear political situation in the world [7], as well as the deterioration of the environmental situation, the acceleration of the involvement of other energy sources, the development of the nuclear industry insistently dictates that mankind is already today turning to renewable energy sources, which in the near future will at least partially contribute to the replacement of hydrocarbon energy sources. If we talk about the potential of Kazakhstan in this matter, then it is great. The republic has a real opportunity to use wind and solar energy, geothermal energy, the energy of small rivers (small hydroelectric power station), etc. The growing demand for energy resources and environmental restrictions lead to the need to

take measures to develop renewable energy sources, in particular, the construction of small hydropower plants, as well as wind farms. However, the issue of introducing renewable energy sources requires careful

analysis both from the standpoint of the technical capabilities of the energy system implementation, and from the point of view of considering the economic aspects.

REFERENCES

- [1] Gayane Minasyan 2017. Development of Integrated and Environmentally Friendly Solutions for Solid Waste Management in Kazakhstan, World Bank
- [2] Government of the Republic of Kazakhstan, 2013. Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a "green economy" by 2050
- [3] Government of the Republic of Kazakhstan. Development Strategy of Kazakhstan-2050
- [4] Government of the Republic of Kazakhstan. Municipal solid waste management system modernization programs for 2014 - 2050
- [5] GWP, Global Water Partnership, 2014. Integrated water resources management in Central Asia: problems of managing large transboundary rivers
- [6] IRENA, International Renewable Energy Agency, 2016. Renewable Energy Country Profiles
- [7] Johannes Koettl, Isil Oral, Indhira Santos, 2011. Employment Recovery in Europe and Central Asia
- [8] Kaliaskarov, Z. K., Alieva Zh. N., Usubalieva S. D., Bekkuliev A. A., 2017. Modern problems of municipal solid waste management in the Republic of Kazakhstan
- [9] KEGOC Annual Report 2016
- [10] Marat Karataev, Michèle L. Clarke, 2016. Review of Existing Energy Systems and Green Energy Potential in Kazakhstan

ASSESSMENT OF THE PROSPECT FOR THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE WORLD AND KAZAKHSTAN

Fazylova Alina Rinatovna, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, sharf_06@inbox.ru

ӘЛЕМДЕГІ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДА ЖАҢА ҚУАТТЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІН ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫН БАҒАЛАУ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Әлемдік энергетикалық индустрия бүгінде интеграциялық процестердің күшеюімен, жаңаның дамуымен сипатталатын дамудың жаңа сатысында тұр энергия ресурстарын өндіру мен өндіру саласындағы технологиялар. Қазақстанның энергетикалық секторы Кеңес Одағының энергетикалық секторының бір бөлігі екенін түсініп жасалған. Бүгінде Қазақстан энергетика саласындағы халықаралық даму тенденцияларын ұстанады. Қазақстандық энергетикалық секторға сенімді болжам жасау үшін әлемдік энергетикалық индустрияның дамуындағы жаһандық үдерістерді қарау қажет. Бұл ақпаратқа ие бірнеше ұйым бар. Бұл Халықаралық энергетикалық агенттік (ХЭА), БҰҰ, Дүниежүзілік банк, ірі халықаралық компаниялар және т. ЕАЭО -ға мүше елдерге арналған болжам. Бұл мақалада әр түрлі көздерге сүйене отырып, әлемде және Қазақстанда электр энергиясын тұтынудың өсуін болжау туралы негізгі ақпарат берілген.

Ол сонымен қатар электр энергиясының әр түрлі көздерін пайдаланудың салыстырмалы талдауын ұсынады. Қазақстанның энергетикалық секторының егжей -тегжейлі талдауы мен Қазақстанда жаңартылатын энергияны пайдаланудың болашағы қарастырылды.

Түйінді сөздер: жел турбинасы, энергия ресурстары, электр энергиясы, электр энергиясын пайдалану болжамы, жаңартылатын көздер, дәстүрлі көздер

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МИРЕ И КАЗАХСТАНЕ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, университет Сатпаева, Алматы, Казахстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Мировая энергетика сегодня находится на новом этапе развития, который характеризуется усилением интеграционных процессов, освоением новых технологии в области добычи и производства энергоресурсов. Энергетический сектор Казахстана создавался с учетом того, что он был частью энергетического сектора Советского Союза. Сегодня Казахстан следует мировым тенденциям развития в сфере энергетики. Чтобы сделать достоверный прогноз развития казахстанской энергетики, необходимо взглянуть на глобальные процессы в развитии мировой энергетики. Есть несколько организаций, у которых есть эта информация. Это Международное энергетическое агентство (МЭА), ООН, Всемирный банк, крупные международные компании и др. При прогнозировании энергопотребления в Казахстане в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) важно учитывать прогнозы для стран-членов ЕАЭС. В данной статье представлена основная информация по прогнозированию роста потребления электроэнергии в мире и в Казахстане, основанная на различных источниках. Также дается сравнительный анализ использования различных источников электроэнергии. Рассмотрены подробный анализ энергетического сектора Казахстана и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Казахстане.

Ключевые слова: ветряная турбина, энергоресурсы, электроэнергия, прогноз использования электроэнергии, возобновляемые источники, традиционные источники.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.134-141

УДК 62-9

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-134-141

A.R. Fazylova
Satbayev University

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR EDDY CURRENT SENSOR

Annotation. Eddy current sensors are used to measure shaft clearance in wind turbines and to check that there is a thin film of oil in the clearance. In this case, the oil is usually applied under pressure. Because the eddy current sensors are resistant to oil, pressure and temperature, this allows them to operate reliably in these hostile environments. When the gap becomes too large, a maintenance warning is generated. Eddy current sensors help detect axial and radial deflection of the turbine shaft. Radial movement occurs when the shaft is off-center. Axial movement indicates that the shaft is tilted relative to the central axis. Both cannot be eliminated

completely. However, with significant deviations, increased bearing wear occurs. If such situations are detected, the turbine should be shut down as soon as possible for maintenance, even before an accident occurs. Finally, eddy current sensors are used to measure forces or torques applied to the nacelle. These influences can be caused by vibration, wind loads or other factors that, over time, can lead to the destruction of the entire structure. Eddy current sensors can also be used to measure axial, radial or tangential deflection of clutch discs, which ensure the safety of the rotor in the event of strong winds. This article provides a method for calculating an inductive sensor. This calculation will allow you to correctly develop a wind turbine eddy current sensor.

Keywords: Sensor, eddy currents, wind turbine, gap, inductance, reliability.

Sensors are elements of many automation systems, with their help they receive information about the parameters of the monitored system or device. A sensor is an element of a measuring, signaling, regulating or control device that converts a controlled value (temperature, pressure, frequency, luminous intensity, electric voltage, current, etc.) into a signal convenient for measuring, transferring, storing, processing, recording, and sometimes to influence them on the controlled processes [1]. An inductive sensor is a parametric-type converter, the principle of which is based on a change in the inductance L or the mutual inductance of the winding with the core, due to a change in the magnetic resistance R_M of the magnetic circuit of the sensor, into which the core enters. Inductive sensors are widely used in the industry for measuring displacements and cover the range from $1 \mu\text{m}$ to 20 mm [2].

Inductance is an idealized element of an electrical circuit in which the energy of a magnetic field is stored. The storage of the energy of the electric field or the conversion of electrical energy into other types of energy does not occur in it.

The closest thing to an idealized element inductance is a real element of an electrical circuit an inductive coil. In contrast to inductance, an inductive coil also stores the energy of the electric field and converts electrical energy into other types of energy, in particular into heat. Quantitatively, the ability of real and idealized elements of an electric circuit to store the energy of a magnetic field is characterized by a parameter called inductance. Thus, the term "inductance" is

used as the name of an idealized element of an electric circuit, as the name of a parameter that quantitatively characterizes the properties of this element, and as the name of the main parameter of an inductive coil.

The principle of operation is based on changes in the amplitude value of oscillations of the generating unit when an object of a certain size enters the active zone of the device. In the process of supplying power to the end switch of the equipment, a changing magnetic field is formed in the area of its sensitive part. It induces eddy currents in the material located in the working area of the sensor, leading to a change in the amplitude of electromagnetic oscillations.

As a result, an output signal will begin to be generated, which in the process may vary depending on the actual distance between the device and the object under control.

This article discusses a method for calculating an inductive sensor. The principle of operation of such a sensor is based on a change in the oscillation amplitude of the generator when a metal, magnetic, ferromagnetic or amorphous material of a certain size is introduced into the active zone of the sensor. The main performance characteristics of inductive position sensors are: response range, degree of protection, operating temperature and response frequency [3].

A single inductive sensor was taken (figure 1), the operation of which is based on the property of a choke with an air gap to change its inductance when the value of the air gap changes. The inductive sensor consists of a yoke 1, a winding 2, an armature 3 - held

by springs. An alternating current supply voltage is supplied to winding 2 through the load resistance R_H . The current in the load circuit is defined as [4]:

$$I = \frac{U}{\sqrt{(R_H + r_d)^2 + (\omega L)^2}} \quad (1)$$

where r_d is the active resistance of the choke;

L is the inductance of the sensor.

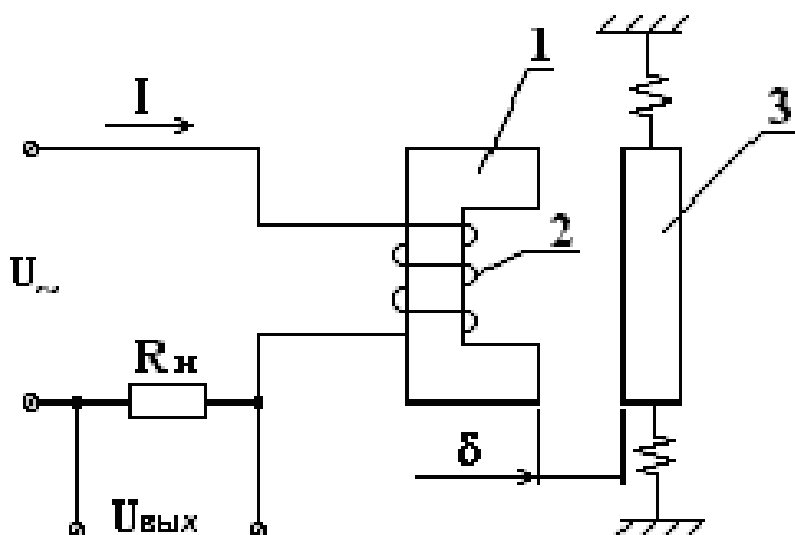


Figure 1 - Schematic of an inductive sensor

Because the active resistance of the circuit is constant, the change in current I can only occur due to a change in the inductive component $XL = IR_H$, which depends on the size of the air gap δ . Each value of δ corresponds to a certain value of I , which creates a voltage drop across the resistance R_H : $U_{out} = IR_H$ - is the output signal of the sensor. It is possible to derive the analytical dependence $U_{out} = f(\delta)$, provided that the gap is sufficiently small and the scattering fluxes can be neglected, and the magnetic resistance of iron R can be neglected in comparison with the magnetic resistance of the air gap R_m [4]

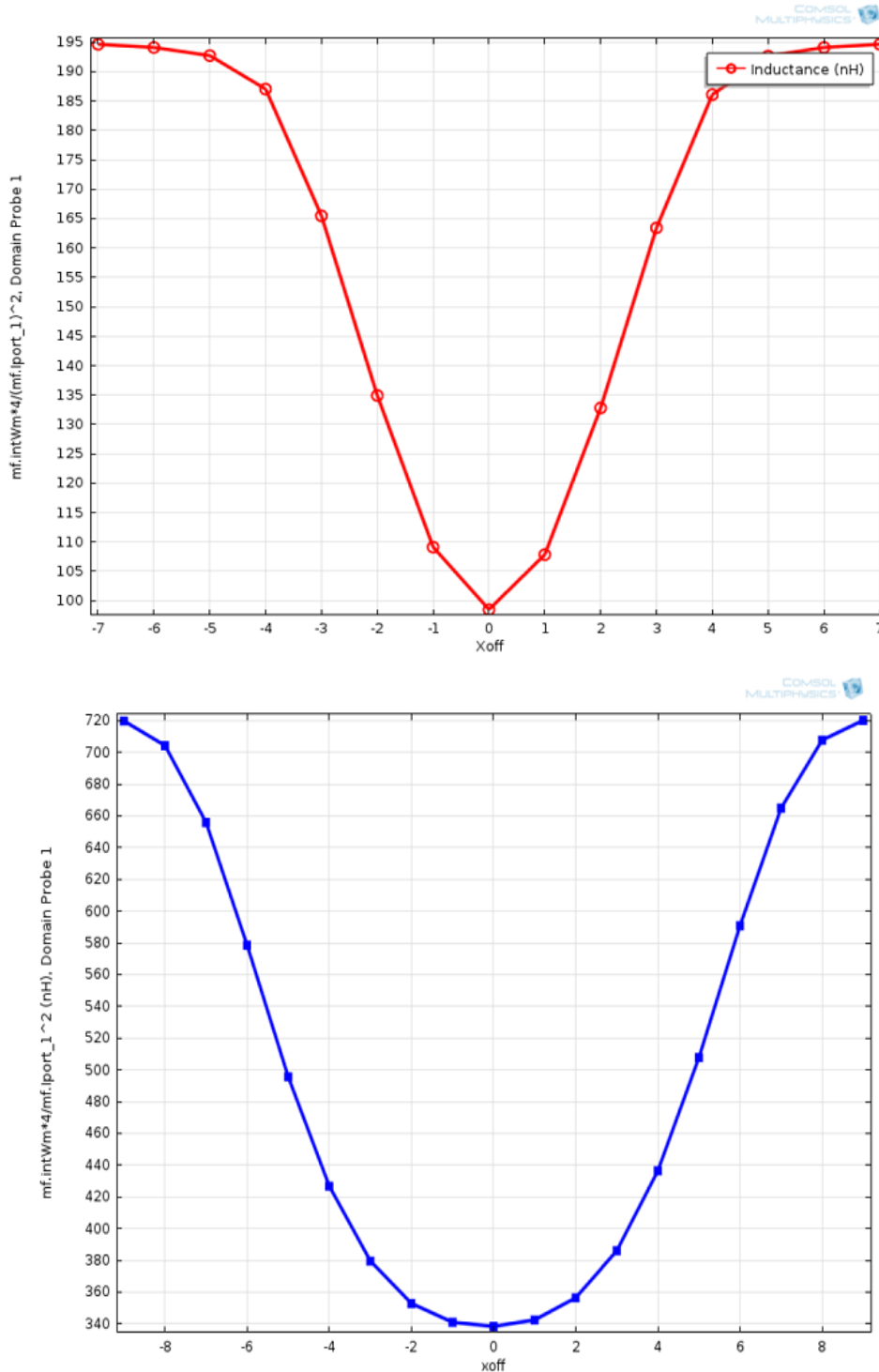
In order to analyze the operation of the inductive position sensor, the finite element analysis (FEA) software package of the COMSOL Multiphysics environment was used to create a frequency-dependent model of a planar inductor. In order to analyze the performance of the inductive sensor, the FEA software package of COMSOL Multiphysics was used to create a frequency-dependent model of a planar inductor. circuit board - PCB). Planar coils can be of different geometric shapes: square, rectangle or circle. The model also includes a sensor

activator (in this case, in the form of a diamond), which is made from a thin copper plate and is located at a height of 0.2 to 0.3 millimeters above the plane of the coil. It can move, or slide, horizontally along the surface of the planar coils. It should be noted that although the activator is free to move horizontally, the vertical distance is fixed. When a copper activator approaches a planar coil, eddy currents generated in it reduce the inductance of this coil. In general, an inductive sensor can be thought of as a lossy transformer, or with loosely coupled primary and secondary windings, and an air gap.

The simulation helps to visualize the real functionality of the eddy current sensor by determining the change in inductance of the planar coils in relation to the movement of the copper activator over their surface. In the sensor, the change in the horizontal Xoff coordinate correlates with the physical change in the position of the copper activator relative to the coils. Usually, the Xoff position of the activator serves as a signal to suspend or completely stop the transmission (if we are talking about a wind turbine gearbox), but in this simulation this means only the maximum

reduction in the inductance of the planar coil. In these graphs, $X_{off} = 0$ represents the center of the planar coil. At this point, the inductance should be at its lowest value, because at the

X_{off} position, the maximum suppression of inductance occurs. Figure 2 illustrates how sliding a copper activator with a fixed vertical gap causes inductance changes at 10 MHz.



Top: Change in coil inductance (nH) versus horizontal position X_{off} (mm) of a copper activator for a single-layer planar coil. Bottom: Change in coil inductance (nH) versus horizontal position X_{off} (mm) of a copper activator for a two-layer planar coil.

Figure 2 – Change in coil inductance

In accordance with Figure 2, a sensor which are presented in was selected, the initial data of Table 1.

Table 1 - Initial data

| δ_{B1} , mm | δ_{B2} , mm | δ_{B3} , mm | S_m , mm ² | n |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------|
| 0,3 | 0,5 | 0,7 | 60 | 15500 |

The inductance of the sensor is calculated using formula 1.

$$L = 2/\delta_B * \pi * n^2 * S_m * 10^7 \quad (2)$$

$$L_2 = (2/0,0005)*3,14*15500^2*0,06*10^7 = 18,1*10^{17} \text{ Гн}$$

$$L_3 = (2/0,0007)*3,14*15500^2*0,06*10^7 = 12,9*10^{17} \text{ Гн}$$

From formula 1 it follows that

$$L_1 = (2/0,0003)*3,14*15500^2*0,06*10^7 = 30,2*10^{17} \text{ Гн}$$

According to the calculation results, table 2 is filled.

Table 2 - Calculation results

| L_1 , 10 ¹⁷ Gn | L_2 , 10 ¹⁷ Gn | L_3 , 10 ¹⁷ Gn |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 30,2 | 18,1 | 12,9 |

Graph $L = f(\delta_B)$. This graph is shown in Figure 3.

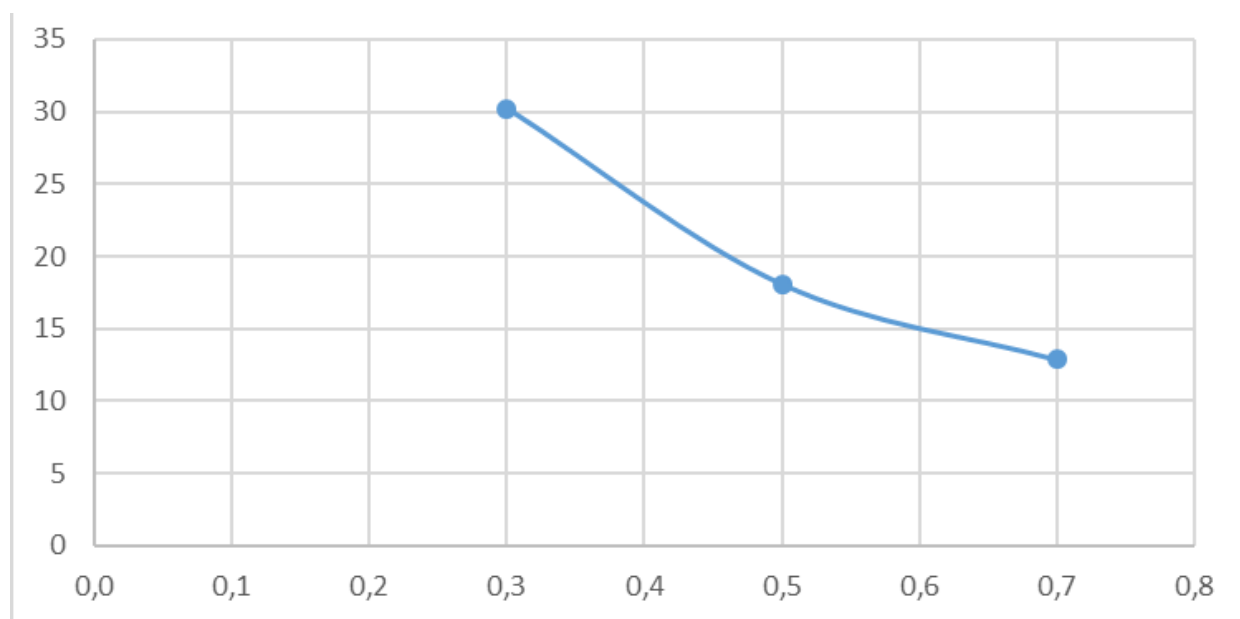


Figure 3 - Graph of the dependence of the inductive sensor on the air gap

According to the initial data presented in Table 3, it is necessary to find

the angular frequency, sensor inductance, number of turns, wire diameter.

Table 3 - Initial data

| Sm, mm ² | δ _B , mm | I, mA | Δ, A/mm | U, V | f, Hz |
|---------------------|---------------------|-------|---------|------|-------|
| 400 | 3 | 20 | 3,5 | 220 | 400 |

The angular frequency of the alternating current is determined by formula 3.

$$\omega = 2\pi f \quad (3)$$

The inductance of the sensor is determined by the formula 4.

$$L = U_{\sim} / (I_{\sim} \omega) \quad (4)$$

The number of turns is determined by the formula 5.

$$n = \sqrt{(L \cdot \delta_B \cdot 10^7) / (2\pi S_m)} \quad (5)$$

The wire diameter is determined by formula 6.

$$d = \sqrt{4 \cdot I_{\sim} / (\pi \cdot \Delta)} \quad (6)$$

Based on the above formulas, a calculation was made.

$$\begin{aligned} \omega &= 2 \cdot 3,14 \cdot 400 = 2512 \text{ (1/s).} \\ L &= 220 / (0,02 \cdot 2512) = 4,4 \text{ Gn.} \\ n &= \sqrt{(4,4 \cdot 0,003 \cdot 10^7) / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,4)} = 230. \\ d &= \sqrt{4 \cdot 0,02 / (3,14 \cdot 3,5)} = 0,007 \text{ mm.} \end{aligned}$$

The calculation results are presented in Table 4.

Table 4 - Calculation results

| ω, 1/sec | L, Gn | n | d, mm |
|----------|-------|-----|-------|
| 2512 | 4,4 | 230 | 0,007 |

Thus, in accordance with the calculations, the optimal use of the sensor in a wind generator is the TL-W5MC1 end inductive sensor (Figure 4)



Figure 4 – Limit inductive sensor TL-W5MC1

Conclusion.

This article describes the principle of operation, the main characteristics of the inductive sensor. The parameter was calculated - inductance, inductive sensor. Based on the calculation results, a graph of the sensor inductance versus air gap was plotted. Also, according to the initial data, the parameters of the inductive sensor were calculated, such as inductance, number of turns, wire diameter, angular frequency of

alternating current. According to the results of the study, it can be concluded that for measuring eddy currents, the selected sensor with the initial parameters is suitable for its use in a wind generator. When a metal object, in this case, a gear tooth, approaches the device, the magnetic field generated by the built-in permanent magnet increases, which leads to the induction of an alternating voltage in the coil.

REFERENCES

- [1] Kelim Yu. M. Typical elements of the automatic control system. Textbook for students of institutions of secondary vocational education. - M.: FORUM: INFA-M, 2002. - 384 p.: ill. - (Series "Professional Education").
- [2] V. V. Litvinenko, A. P. Maystruk. Automotive sensors, relays and switches. Quick reference. - Moscow: ZAO KZHI "Za rulem", 2004. - 176 p.: ill.: tab.
- [3] Sosnin DA Autotronics. Electrical equipment and on-board automation systems for modern passenger cars: Textbook. M.: SOLON-R, 2001, 272 p.
- [4] Turichin A.M., Electrical measurements of non-electrical quantities, 4th ed., Moscow - Leningrad, 1966.

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR EDDY CURRENT SENSOR

Fazylova Alina Rinatovna, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, sharf_06@inbox.ru

ЖЕЛДІК ТУРБИНА РОТОРЫНЫҢ ҚҰЙЫНДЫ ТОҚТАРЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Құйынды ток датчиктері жел қондырғыларының білік саңылауын өлшеу үшін қолданылады және саңылауда жұқа майлы қабық бар -жоғын тексереді. Бұл жағдайда май әдетте қысыммен қолданылады. Құйынды ток сенсорлары майға, қысымға және температураға төзімді болғандықтан, бұл олардың коррозиялық ортада сенімді жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Саңылау тым үлкен болған кезде техникалық қызмет көрсету туралы ескерту беріледі. Тұрақты ток сенсорлары турбина білігінің осьтік және радиалды ауытқуын анықтауға көмектеседі. Радиалды қозғалыс білік орталықтан тыс болған кезде пайда болады. Осьтік қозғалыс біліктің орталық оське қисайғанын білдіреді. Екеуін де толық жою мүмкін емес. Алайда, елеулі ауытқулар кезінде мойынтіректердің тозуы пайда болады. Егер мұндай жағдайлар анықталса, турбинаны жөндеу үшін мүмкіндігінше тезірек, тіпті апат орын алғанға дейін де өшіру керек. Ақырында, құйынды ток сенсорлары насельге қолданылатын күштерді немесе моменттерді өлшеу үшін қолданылады. Бұл әсерлер діріл, жел жүктемесі немесе басқа факторлардың әсерінен болуы мүмкін, олар уақыт өте келе бүкіл құрылымның бұзылуына әкелуі мүмкін. Сондай - ақ, құйынды ток сенсорлары ілініс дискілерінің осьтік, радиалды немесе тангенциалды

ауытқуын өлшеу үшін қолданылуы мүмкін, бұл қатты жел кезінде ротордың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Бұл мақалада индуктивті сенсорды есептеу әдісі берілген. Бұл есептеу жел турбинасының құйынды ток датчигін дұрыс құруға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: сенсор, құйынды токтар, жел турбинасы, саңылау, индуктивтілік, сенімділік.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА ВИХРЕВОГО ТОКА РОТОРА ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, университет Сатпаева, Алматы, Казахстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Вихретоковые датчики используются для измерения зазора вала ветряных турбин и проверки наличия тонкой масляной пленки в зазоре. В этом случае масло обычно наносится под давлением. Поскольку вихретоковые датчики устойчивы к маслу, давлению и температуре, это позволяет им надежно работать в этих агрессивных средах. Когда зазор становится слишком большим, выдается предупреждение о техническом обслуживании. Датчики вихревых токов помогают обнаруживать осевое и радиальное отклонение вала турбины. Радиальное движение происходит, когда вал смещен по центру. Осевое перемещение означает, что вал наклонен относительно центральной оси. Оба не могут быть устранены полностью. Однако при значительных отклонениях происходит повышенный износ подшипников. Если такие ситуации обнаруживаются, турбину следует как можно скорее остановить для обслуживания, даже до того, как произойдет авария. Наконец, датчики вихревых токов используются для измерения сил или крутящих моментов, приложенных к гондоле. Эти воздействия могут быть вызваны вибрацией, ветровыми нагрузками или другими факторами, которые со временем могут привести к разрушению всей конструкции. Вихретоковые датчики также могут использоваться для измерения осевого, радиального или тангенциального прогиба дисков сцепления, что обеспечивает безопасность ротора в случае сильного ветра. В этой статье представлен метод расчета индуктивного датчика. Этот расчет позволит правильно разработать датчик вихревых токов ветряной турбины.

Ключевые слова: датчик, вихревые токи, ветряк, зазор, индуктивность, надежность.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.141 - 149

УДК 681.2-5

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-141-149

A.R. Fazylova
Satbayev University

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR TEMPERATURE SENSOR

Annotation. Today, all the processes associated with technology, mainly operate in autonomous modes, so devices such as a temperature sensor are a must. Since technical progress is taking place in industry and production by leaps and bounds, all equipment most often used in various kinds of processes and work has an automatic principle of operation [1].

However, for productive work, albeit automated units, it is necessary to comply with all the exact indicators at which the device's performance will be the highest. These indicators include values, namely the required, more precisely, the working pressure, speed, and temperature. To prevent rapid wear and overload of automated equipment, the temperature level must be measured. Of course, this is not done with a simple thermometer or thermometer. For these purposes, special devices are used, such as temperature sensors. Wind power is one of the most important renewable energy solutions. As a rule, wind farms are located far from civilization, in remote regions - in hilly areas, on the sea coast [2]. These types of terrain are chosen because wind energy becomes profitable only under conditions that allow obtaining the maximum amount of wind throughout the year. However, the harsher environment calls for more sophisticated wind turbines, usually consisting of towers, blades, hubs and nacelles. To ensure control over all parts of the wind turbine, companies install controllers near the tower. A wind generator controller, like a PLC, is the brain of any wind generator, providing control over the system as a whole, the ability to generate reports and monitoring. The generator must be controlled and programmed; without a controller, it couldn't work correctly. For this reason, the controllers must be connected to a single system for remote monitoring, power generation reporting, parameter monitoring and diagnostic maintenance [3].

This article provides an algorithm for calculating a temperature sensor for its correct selection for a wind generator system, which will subsequently be used for a temperature control system in a generator system.

Keywords: Sensor, temperature, wind turbine, gap, inductance, reliability.

Temperature is a physical parameter that is measured in degrees. It is an essential part of any measurement process.

Areas requiring accurate temperature measurements include medicine, biological research, electronics, materials research, and thermal performance of electrical products. A device used to measure the amount of heat energy that allows us to detect physical changes in temperature is known as a temperature sensor. They are digital and analog.

There are many different types of temperature sensors. From simple on / off control of a thermostatic device to complex control systems of water supply, with the function of heating it, used in the processes of growing plants. The two main types of sensors, contact and non-contact, are further subdivided into resistive, voltage and electromechanical sensors. The three most commonly used temperature sensors are thermistors, RTDs, and thermocouples.

A thermistor is a sensitive resistor that changes its physical resistance with temperature. Typically, thermistors are made of a ceramic semiconductor material such as cobalt, manganese, or nickel oxide and are

coated with glass. They are small flat sealed discs that react relatively quickly to any temperature change.

Due to the semiconducting properties of the material, thermistors have a negative temperature coefficient (NTC), i.e. resistance decreases with increasing temperature. However, there are also PTC thermistors whose resistance increases with increasing temperature.

The dependences of resistance on temperature are described by Steinhart-Hart expressions.

Advantages of thermistors:

- a) high speed of response to temperature changes, accuracy;
- b) low cost;
- c) higher resistance in the range from 2,000 to 10,000 ohms;
- d) much higher sensitivity (~ 200 ohm / $^{\circ}$ C) within a limited temperature range of up to 300° C.

Temperature-resistance sensors (RTDs) are made of rare metals, such as platinum, whose electrical resistance varies with temperature.

Resistive temperature detectors have a positive temperature coefficient and,

unlike thermistors, provide high temperature measurement accuracy.

The advantages of such sensors

a) wide temperature range from -200 to 650 ° C;

b) provide a high output for the drop current;

c) are more linear in comparison with thermocouples and thermocouples.

Thermocouple temperature sensors are most commonly used because they are accurate, operate over a wide temperature range from -200 ° C to 2000 ° C, and are relatively inexpensive.

A thermocouple is made of two dissimilar metals welded together to produce a potential difference over temperature. The temperature difference between the two junctions produces a voltage that is used to measure the temperature (Seebeck effect).

The mathematical model in the case of temperature sensors is the dependence of resistance on temperature.

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (1)$$

The equation has parameters A, B and C, which must be taken from the specification for the sensor. Since we don't

Depending on the type of sensor, the relationship between the values of resistance and temperature can be expressed in a variety of expressions, so the mathematical model of the temperature sensor will be valid only for this type of sensor.

Let's build a mathematical model for a thermistor temperature sensor - B57164-K 472-J, 4.7 kΩ, 5%, NTC.

Technical specifications:

- type -k164 (NTC);

- resistance at 250C - 4700 Ohm;

- accuracy - 5%;

- coefficient of temperature sensitivity - 3950;

- operating temperature -55 ... 1250C.

The thermistor mathematical model will be based on the Steinhart-Hart expression:

need much precision, we can use a modified equation (B-equation):

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} + \frac{1}{B} \ln\left(\frac{R}{R_0}\right) \quad (2)$$

In this equation, only parameter B remains unknown, which for an NTC thermistor is 3950. The rest of the parameters are already known to us:

T0 is the room temperature in Kelvin, for which the thermistor rating is indicated; T0 = 25 + 273.15;

T is the required temperature, in Kelvin;
R is the measured resistance of the thermistor in Ohms;

R0 is the nominal resistance of the thermistor in ohms.

Based on this, we calculate the values of the desired temperature and enter them in table 1.

Table 1 - Calculation results

| R, Ом | 10 | 50 | 100 | 500 | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 4500 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T, K | 556,68 | 453,75 | 420,29 | 353,26 | 332,64 | 314,29 | 304,47 | 297,86 | 299,13 |
| | 05 | 85 | 25 | 2 | 14 | 53 | 24 | 72 | 18 |

Using the data from the table, we will build a graph of the dependence of resistance on temperature (Figure 1).

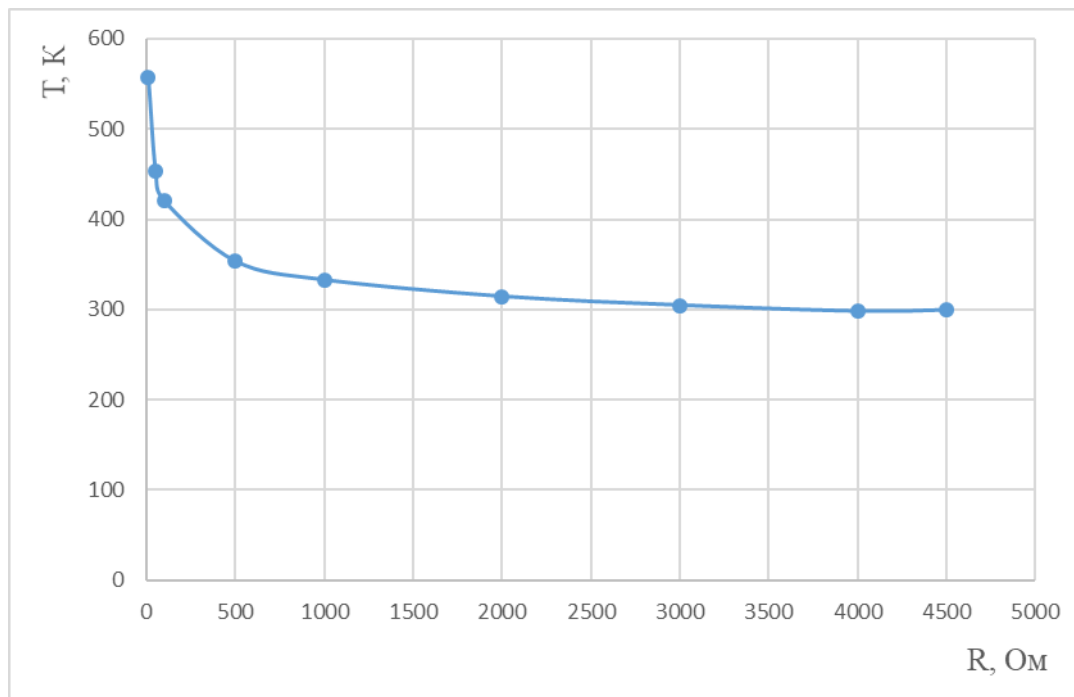


Figure 1 - Graph of resistance versus temperature

To study the thermistor temperature sensor, we will assemble a circuit by connecting the midpoint of the voltage divider to the analog input of ArduinoUno A0 according to the schematic diagram. The value of the resistor in the upper arm of the divider is taken close to the resistance of the thermistor, in my case the resistance of the thermistor is 4700 Ohm, respectively, we take the resistance of 4660 Ohm from the series connection of resistors: 4 resistors for 1kOhm and 3 resistors for 220 Ohms. To calculate the temperature, we will use the modified Steinhart-Hart equation expression (2) (Figure 2).

Listing:

```
#define B 3950 #define SERIAL_R 4660
#define THERMISTOR_R 4700
#define NOMINAL_T 25
const byte tempPin = A0;
void setup() {
```

```
Serial.begin( 9600 );
  pinMode( tempPin, INPUT );
}
void loop() {
  int t = analogRead( tempPin );
  float tr = 1023.0 / t - 1;
  tr = SERIAL_R / tr;
  Serial.print("R=");
  Serial.print(tr);
  Serial.print(", t=");
  float steinhart;
  steinhart = tr / THERMISTOR_R; // (R/Ro)
  steinhart = log(steinhart); // ln(R/Ro)
  steinhart /= B; // 1/B * ln(R/Ro)
  steinhart += 1.0 / (NOMINAL_T + 273.15);
  // + (1/To)
  steinhart = 1.0 / steinhart; // Invert
  steinhart -= 273.15;
  Serial.println(steinhart);
  delay(100);
}
```

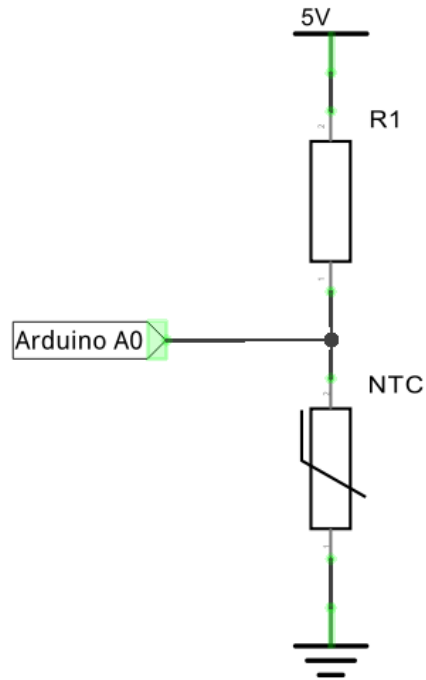


Figure 2 - Schematic diagram

Table 2 - Dependence of resistance on temperature

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R, Ом | 4490 | 4490 | 4525 | 4490 | 4490 | 4525 | 4508 | 4508 | 4525 | 4525 |
| T, °C | 26,03 | 26,03 | 25,85 | 26,03 | 26,03 | 25,85 | 25,94 | 25,94 | 25,85 | 25,85 |

We compile the sketch, take readings of resistance and temperatures (Table 2).

Using the obtained values, we will build a graph of the dependence of resistance on temperature

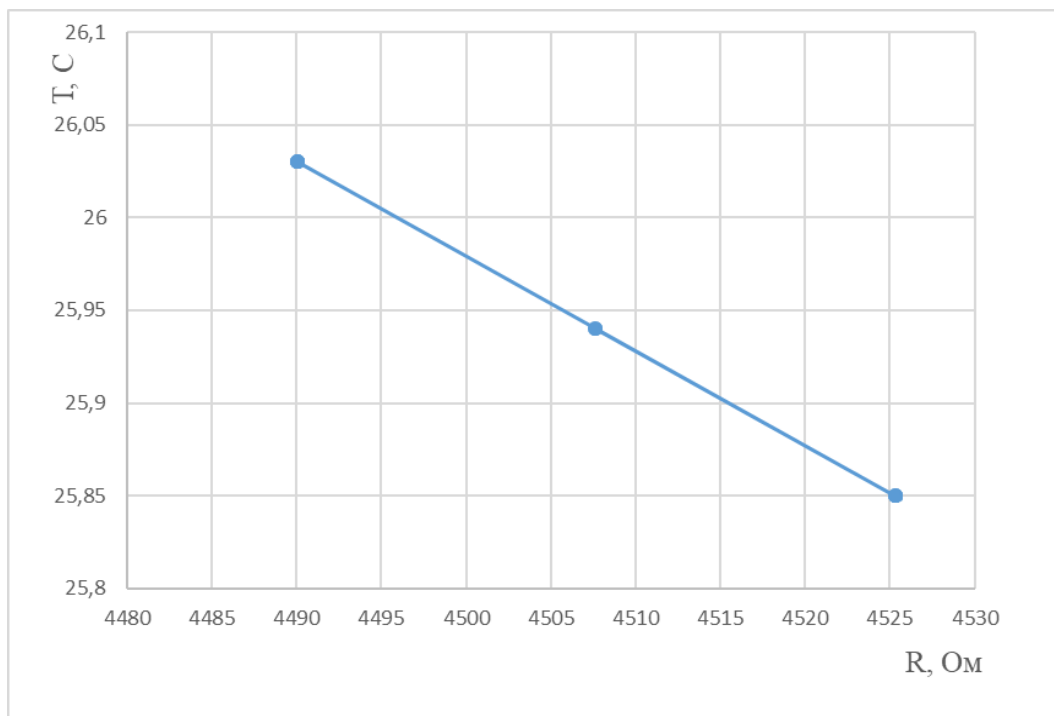


Figure 3 - Graph of resistance versus temperature

Build a computer model of a temperature control system based on a PID controller (Figure 4). As a software environment, we use Simulink, which is part of the MATLAB complex. The main elements of the system will be such components as: an ideal temperature sensor (Ideal Temperature Sensor), an ideal

temperature source (Ideal Temperature Source), a thermal reference point (Thermal Reference - the point of absolute zero relative to which all temperatures in the system will be determined) and the PID itself - regulator (PID-controller). To display readings, we use an oscilloscope - Scope (Figure 5).

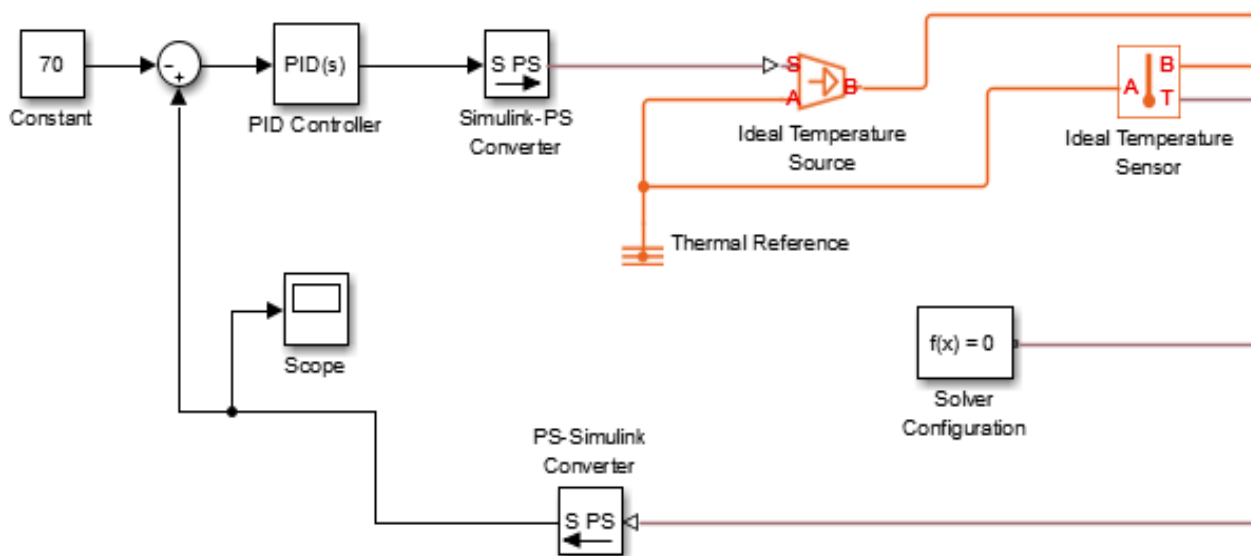


Figure 4 - PID temperature control system

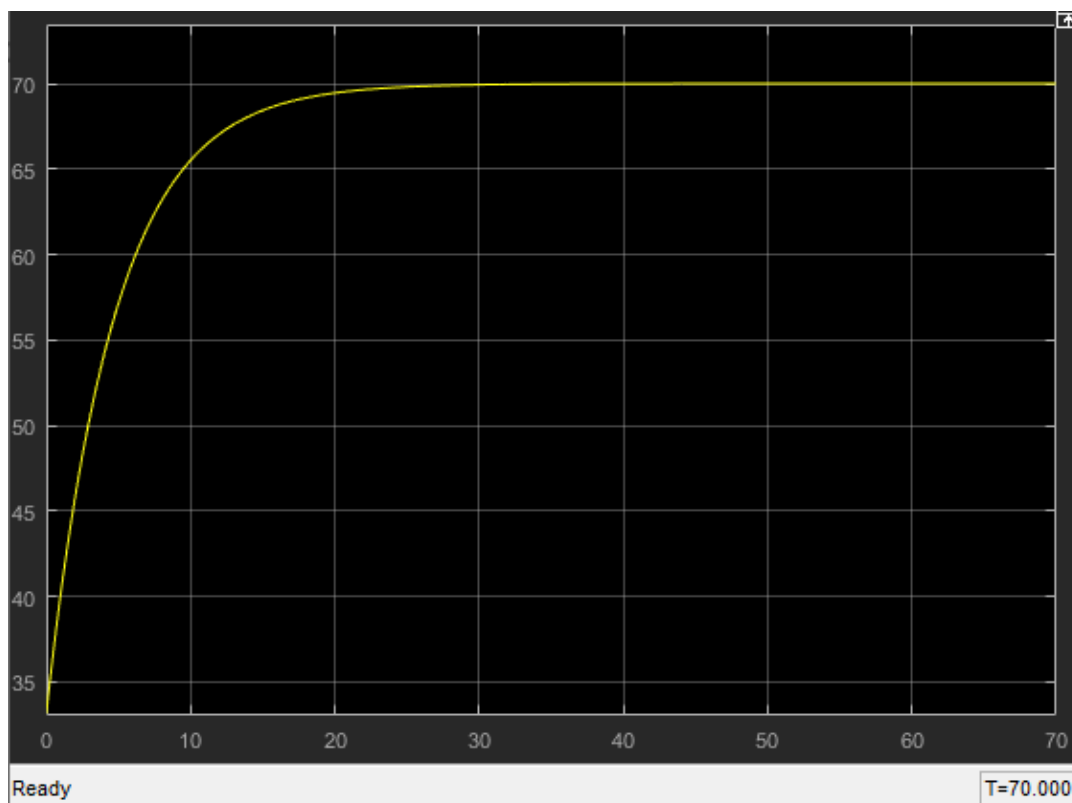


Figure 5 - Readings from an oscilloscope

Conclusion. In this article, the principle of operation of the temperature sensor was described. Also, a mathematical model of the thermistor was built, reflecting the dependence of resistance on temperature. A real circuit of a thermistor temperature sensor was assembled using the ArduinoUno MK and its operation was investigated.

Also, a computer model of a temperature control system based on a PID controller in Simulink was built and its output characteristics were obtained. Yes, based on these findings, the DHT-22 sensor was chosen for the temperature monitoring system of the wind generator system.

REFERENCES

- [1] Kelim Yu. M. Typical elements of the automatic control system. Textbook for students of institutions of secondary vocational education. - M.: FORUM: INFA-M, 2002. - 384 p.: ill. - (Series "Professional Education").
- [2] V. V. Litvinenko, A. P. Maystruk. Automotive sensors, relays and switches. Quick reference. - Moscow: ZAO KZHI "Za rulem", 2004. - 176 p.: ill.: tab.
- [3] Sosnin DA Autotronics. Electrical equipment and on-board automation systems for modern passenger cars: Textbook. M.: SOLON-R, 2001, 272 p.
- [4] Turichin A.M., Electrical measurements of non-electrical quantities, 4th ed., Moscow - Leningrad, 1966.

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WIND TURBINE ROTOR TEMPERATURE SENSOR

Fazylova Alina Rinatovna, doctoral student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, sharf_06@inbox.ru

ЖЕЛДІК ТУРБИНА РОТОРЫНЫҢ ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан,
sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Бүгінде технологияға қатысты барлық процестер негізінен автономды режимде жұмыс істейді, сондықтан температура сенсоры сияқты құрылғылар міндетті болып табылады. Өнеркәсіп пен өндірістегі технологиялық прогресс секіріспен жүріп жатқандықтан, әр түрлі процестер мен жұмыстарда жиі қолданылатын барлық жабдықтардың автоматты жұмыс принципі бар [1].

Дегенмен, өнімді жұмыс үшін, автоматтандырылған қондырғылар болса да, құрылғының өнімділігі максималды болатын барлық нақты көрсеткіштерді сақтау қажет. Бұл көрсеткіштерге мәндер, дәлірек айтқанда, қажетті, дәлірек айтқанда жұмыс қысымы, жылдамдық пен температура кіреді. Автоматтандырылған жабдықтың тез тозуын және шамадан тыс жүктелуін болдырмау үшін температура деңгейін өлшеу қажет. Әрине, бұл қарапайым термометр немесе термометрмен жасалмайды. Бұл мақсаттар үшін арнайы құрылғылар қолданылады, мысалы, температура сенсорлары. Жел энергиясы - жаңартылатын энергия көздерінің маңызды шешімдерінің бірі. Әдетте, жел электр станциялары өркениеттен алыс, шалғай аймақтарда - таулы аймақтарда, теңіз жағалауында орналасқан [2]. Бұл рельеф түрлері жел энергиясы жыл ішінде желдің максималды мөлшерін алуға мүмкіндік беретін жағдайда ғана тиімді болатындықтан таңдалды. Алайда, қатаң жағдайларда, әдетте, мұнаралардан, пышақтардан, тораптардан және насельдерден тұратын күрделі жел турбиналары қажет. Жел қондырғысының барлық бөліктерін бақылауды сақтау үшін компаниялар мұнараға жақын жерде контроллерлерді орнатады. Жел турбинасының реттегіші, PLC сияқты, кез келген жел генераторының миы болып табылады, ол бүкіл жүйені басқаруды, есеп беру мен бақылау мүмкіндіктерін қамтамасыз етеді. Генераторды басқару және бағдарламалау қажет; контроллерсіз ол дұрыс жұмыс істей алмайды. Осы себепті контроллерлер қашықтықтан бақылау, электр энергиясын өндіру бойынша есеп беру, параметрлерді бақылау және диагностикалық қызмет көрсетудің бірыңғай жүйесіне қосылуы керек [3].

Бұл мақалада жел генераторы жүйесін дұрыс таңдау үшін температура датчигін есептеу алгоритмі ұсынылған, ол кейін генераторлық жүйеде температураны реттеу жүйесі үшін қолданылады.

Түйінді сөздер: сенсор, температура, жел турбинасы, саңылау, индуктивтілік, сенімділік.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ РОТОРА ВЕТРОВОЙ ТУРБИНЫ

Фазылова Алина Ринатовна, докторант, университет Сатпаева, Алматы, Қазақстан, sharf_06@inbox.ru

Аннотация. Сегодня все процессы, связанные с техникой, в основном работают в автономных режимах, поэтому такие устройства, как датчик температуры, просто необходимы. Поскольку технический прогресс в промышленности и производстве идет семимильными шагами, все оборудование, наиболее часто используемое в различных процессах и работах, имеет автоматический принцип работы [1].

Однако для продуктивной работы хоть и автоматизированных агрегатов необходимо соблюдать все точные показатели, при которых производительность устройства будет максимальной. Эти показатели включают в себя значения, а именно необходимое, а точнее рабочее давление, скорость и температуру. Чтобы предотвратить быстрый износ и перегрузку автоматизированного оборудования, необходимо измерять уровень температуры. Конечно, это не делается с помощью простого градусника или термометра. Для этих целей используются специальные устройства, например, датчики температуры. Энергия ветра - одно из важнейших решений в области возобновляемых источников энергии. Как правило, ветропарки располагаются вдали от цивилизации, в отдаленных регионах - в холмистой местности, на морском побережье [2]. Эти типы местности выбраны потому, что энергия ветра становится рентабельной только в условиях, позволяющих получить максимальное количество ветра в течение года. Однако более суровые условия требуют более сложных ветряных турбин, обычно состоящих из башен, лопастей, ступиц и гондол. Чтобы обеспечить контроль над всеми частями ветряной турбины, компании устанавливают контроллеры возле башни. Контроллер ветрогенератора, как и ПЛК, является мозгом любого ветрогенератора, обеспечивая контроль над системой в целом, возможность создания отчетов и мониторинга. Генератор необходимо контролировать и программировать; без контроллера он не мог работать правильно. По этой причине контроллеры должны быть подключены к единой системе для удаленного мониторинга, отчетности по выработке электроэнергии, мониторинга параметров и диагностического обслуживания [3].

В данной статье представлен алгоритм расчета датчика температуры для его правильного выбора для системы ветрогенератора, который в дальнейшем будет использоваться для системы контроля температуры в системе генератора.

Ключевые слова: датчик, температура, ветряк, зазор, индуктивность, надежность.

**ЭКОНОМИКА ЖӘНЕ САПА МЕНЕДЖМЕНТІ ЖҮЙЕСІ
ЭКОНОМИКА И СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.150-156

MODERN ECONOMY-PROFESSIONAL ECONOMICS OF EDUCATION

Gulstan Kairatkyzy, PhD student, Academy of Logistics and Transport, Almaty, Kazakhstan, gulistan.kairatkyzy@gmail.com

Kulgaisha Zhuniskankyzy, PhD student, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan, Gulgaisha_1984@mail.ru, Zhanbirov

Zhanbirov Zhumazhan Ginayatovich, Doctor of Technical Sciences, Central Asian University, Almaty, Kazakhstan, janbirov_jg@mail.ru

Abstract. In recent decades, the development of economic theory has been characterized by an increase in the number of works devoted to the problems of expanded reproduction of the labor force. Today, the most important factors are the innovative activity of the country's enterprises, the ability to involve new technologies in the economic turnover, to mobilize the potential of resources of the necessary quality and quantity, obviously, only from professionals. Entrepreneurial advantages - the possession of huge resources, know-how, trade secrets allows them to be transformed into a special type of human capital-organizational and entrepreneurial capital. Effective structural capital of any enterprise, institution, or educational center can only arise where "ideas are valued above the hierarchical level". He asked to provide information on the planned measures for employment after graduation, effective use of their knowledge in the country's economy, as well as stimulating the interest of young people studying in other countries to return to Kazakhstan. We live in a world of constantly evolving scientific progress, and it should be noted that the main carrier of knowledge is man. In the course of its existence, a person creates all other carriers of knowledge, thereby making life easier for other people. In this regard, we must recognize that it is necessary to pay more attention to the development of modern technical and technological science as the main element of improving each person and stimulating the development of society. Therefore, the policy of each state should be built in such a way that citizens of this state do not seek to go abroad, but apply their knowledge in their native country, bringing it additional income, which ensures the growth of gross domestic product by increasing the amount of know-how and improving existing production and technologies.

Keywords: Economy, technology, enterprise, innovation, social resource, qualification, experience, labor force, modern development.

ӘОЖ 338.24.021.81

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-150-156

Г. Қайратқызы¹, К. Жунисканқызы², Ж. Жанбиrow³

¹Логистика және көлік академиясы, Алматы қ, Қазақстан

²Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ, Қазақстан

³Центрально –Азиатский университет, Алматы қ, Қазақстан

ЗАМАНАУИ ЭКОНОМИКА – КӘСІБИ БІЛІМ ЭКОНОМИКАСЫ

Аңдатпа. Соңғы онжылдықтарда экономикалық теорияның дамуы жұмыс күшінің кеңейтілген көбею проблемаларына арналған жұмыстар санының артуымен сипатталады. Бүгінгі таңда еліміздегі кәсіпорындардың инновациялық белсенділігі де маңызды

факторлар болып табылады, жаңа технологияларды экономикалық айналымға тарту, қажетті сапа мен мөлшердегі ресурстардың әлеуетін жұмылдыру қабілеті тек кәсіби мамандардың қолынан келетіні айқын.

Түйінді сөздер: Экономика, технология, кәсіпорын, инновация, әлеуметтік ресурс, біліктілік, тәжірибе, жұмыс күші, заманауи адам.

Негізгі бөлім. ХХІ ғасырда экономикалық ғылымды дамытудың перспективалы бағыттарының бірі адами капитал теориясы болып табылады. Дәлірек айтқанда, ХХ ғасырдың екінші жартысында ол батыстық экономикалық теорияның айқын жетістігі болды. Соңғы онжылдықтарда экономикалық теорияның дамуы жұмыс күшінің кеңейтілген көбею проблемаларына арналған жұмыстар санының артуымен сипатталады [1].

Соның ішінде Америкалық зерттеуші-ғалым, Т. Шульц үшін дәстүрлі түрде адами капитал тұжырымдамасын әзірлеудегі басымдық танылады. Оның осы саладағы жұмысына серпін Э.Денисонның жұмысы болды, онда техникалық инновациялар мен еңбек пен өндірістік жабдықтарды пайдалану ауқымын кеңейту, ең жақсы жағдайда, АҚШ-тың ХХ ғасырда алған жалпы ішкі өнімнің (ЖІӨ) өсуінің жартысын ғана қамтамасыз ете алатындығы дәлелденді [2-4]. Экономикалық өсуге жауапты басқа факторларды анықтау зерттеушілер үшін қиын міндет болды: олар өндірісті ұйымдастыруды жақсартуды, еңбек қарқындылығын және экономикалық саясаттың тиімділігін арттыруды атап өтті. Т. Шульц білім беруді ерекше атап өтті. Ол еңбек сапасының деңгейін техникалық прогресс сияқты білімге қосымша қаражат салудың табиғи нәтижесі - өндіріс өнімділігін жақсарту мен арттыруға бөлінетін қаражаттың нәтижесі деп санады.

Зерттеу бөлімі. Бүгінгі таңда экономикалық өсу ұдайы өндіріс процесінің барлық сатыларында жаппай инновациялармен байланысты. Барлық жаңа идеялардың тасымалдаушысы және өндірушісі-адам. Білім мен тәжірибе ең алдымен жоғары білікті қызметкерлерде жүзеге асырылады.

Бұл жұмыс күші мен оның құрамындағы сапалы өзгерістерге әкеледі. Бір жағынан, әрине, білікті жұмыс күші мен жаңа мамандықтарға деген қажеттілік күрт артады. Бірақ екінші жағынан, бұрынғы дәуірлерден мүлдем өзгеше, өндірістің барлық салаларында адам факторын жандандыру туралы мәселе туындайды.

70-ші жылдары Д. Белл атап өткендей, егер индустрияға дейінгі дәуірде негізгі өндірістік ресурс бұлшықет күші болса, өнеркәсіптік – машина техникасы болса, онда постиндустриалды кезеңде білім мен интеллект осындай ресурсқа айналады. Шығармашылық қабілеттерін ашу, зияткерлік энергия заманауи қызметкердің басты "тауарына" айналды [4].

Қазіргі уақытта дамыған және тез дамып келе жатқан елдерде еңбек интеллектуализациясының айқын тенденциялары бар.

Заманауи экономика - білім экономикасы, онда зияткерлік еңбек басым мамандықтарға жұмыспен қамтудың негізгі өсімі тиесілі, мысалы:

85% - АҚШ - та, 89% - Ұлыбританияда, 90% - Жапонияда [5].

Білім экономикасы барлық әлеуметтік және экономикалық жетекші елдердің басты сипаттамасына, ал жұмыс күші негізінен өнеркәсіптіктен "ақпараттық жұмыс күшіне" айналды. 1960 жылдары АҚШ 10 жыл ішінде ғылым мен техника саласындағы мамандарды шығаруды екі есеге, ал 1965-1985 жылдар кезеңінде есептеу техникасы саласындағы мамандарды шығаруды 10 есеге ұлғайтты. Ең үлкен білім қоймасы – Вашингтондағы АҚШ Конгресінің кітапханасы - 112 миллион кітап пен құжатқа дейін өсті.

1984-2000 жылдар аралығында жаратылыстану ғылымдары үшін – 442

мың, инженерлер үшін – 600 мың, техниктер үшін – 1 млн.389 мың жұмыс орны құрылды. Жұмыс орындарының жалпы санының 25% - ға артуымен жоғары технологиялар саласындағы мамандардың жұмыспен қамтылуы 40-45% - ға ұлғаяда. Білім өндірістің маңызды төртінші факторына айналады және оның маңыздылығы материалдық ресурстарға, капиталға, еңбекке қарағанда басымдыққа айналады [6].

Дайындық жалақы мен жас арасындағы қарым-қатынастың сипатына айтарлықтай әсер етеді. Дайындықтан өткен адамдар дайындық кезеңінде төменгі жалақыға ие болады, өйткені бұл уақытта олар оны төлейді, ал жоғары жастағы адамдар сол кезде алған дайындықтан түскен кірістерге байланысты жоғары жалақы алады. Осы екі фактордың бірлескен әрекеті - оқу ақысы және одан қайтарым алу - дайындықтан өткендердің жасына байланысты табыстың өзгеру қисығы неғұрлым салқын болады, инвестициялау шығындары мен олардың қайтарымы соғұрлым көп болады. Сондықтан адами капитал теориясының үлесі ерекше маңызды болып табылатын тағы бір сала - экономикалық теңсіздік мәселелерін талдау.

Әлеуметтік-экономикалық дамудың соңғы тенденциялары капитал ұғымын түсіндіруде жаңа басымдықтар мен критерийлерді анықтау қажеттілігі туындағанын көрсетеді, онда жоғары дамыған қазіргі қоғамның негізгі белгілері жинақталған. Мұндай қажеттілік капитал теориясының эволюциясында айқын көрінеді.

Адами капитал теориясы қазіргі еңбек ұсынысын талдаудың орталық бөлімдерінің бірін құра отырып, адами ресурстарды сапалы жетілдіру процесін зерттейді. Оның ұсынылуымен еңбек экономикасындағы нақты төңкеріс байланысты. Соның ішінде ең көп мәнге ие болған:

1) нарық агенттерінің мінез-құлқындағы "күрделі", инвестициялық аспектілерді бөліп көрсету;

2) ағымдағы көрсеткіштерден қызметкерлердің бүкіл өмірлік циклін қамтитын көрсеткіштерге көшу (мысалы, өмір бойғы табыс);

3) адам уақытын негізгі экономикалық ресурс ретінде тану.

Адами капитал теориясы білімнің экономикалық өсуге қосқан үлесі, білім беру және медициналық қызметтерге деген сұраныс, табыстың жас динамикасы, ерлер мен әйелдер еңбегіне ақы төлеудегі айырмашылықтар, экономикалық теңсіздікті ұрпақтан-ұрпаққа беру және тағы басқалар сияқты әр түрлі болып көрінетін құбылыстарды түсіндірудің бірыңғай аналитикалық шеңберін ұсынды.

Жеке кірістерді бөлу моделінде Г.Беккердің "таза" табысы (E_t) t жасында, адам капиталына салынған инвестициялардың толық болмаған кезде осы жаста алатын табысына (X_t) тең, оған қоса бұрын жасалған инвестициялардан (k_t) T уақыт сәтіндегі оның жиынтық табысы және оның инвестицияларының (C_t) құнын шегеру, сондай-ақ t уақыт сәтінде:

$$E_t = X_t + k_t - C_t. \quad (1)$$

Г. Беккердің пікірінше, білім беруге, даярлауға, бейресми оқытуға, денсаулыққа ауқымды салымдар жүзеге асырылатын дамыған экономикаларда, оған инвестицияланған адами капиталмен (X) байланысты емес жеке адамның табысы олардың жалпы көлемінің аз ғана үлесін құрайды. X мәні соншалықты аз, сондықтан жеке кірістерді бөлу моделін талдағанда г. Беккер оны елемеуге болады [7, с.92-94].

Жеке кәсіби мамандардың келесі негізгі элементтерін ажыратуға болады [8-10]:

- экономикалық қызметте қолданылатын ақпараттың тиісті нысаны болып табылатын білім, бұл оның тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді;

- қабілеттер – кез-келген қызметті сәтті орындау мүмкіндігі. Қабілеттердің дамуының келесі деңгейлері бөлінеді: қабілеттің болмауы (нөлдік деңгей),

жартылай қабілеттер, орташа қабілеттер, талант, данышпан;

- тәжірибе немесе іс-әрекет дағдылары, нақты өндірістегі немесе кәсіпкерліктегі өз мамандығы бойынша іс-тәжірибесі және еңбекті ұзақ уақыт орындау шеберлігі;

- мәдениет-қоғамда бар білім, ережелер, дәстүрлер, мораль шеңберіндегі мінез-құлық қағидаттары мен стереотиптері;

- мотивация – қызметтің бағыты, оның қарқындылығы, процесс пен нәтижелерге қанағаттану.

Зерттеу қорытындылары. Жеке адами капитал түрлерінің, оның ішінде кәсіби маманның денсаулық капиталы, мәдени және моральдық капитал, еңбек капиталы, ұйымдастырушылық және кәсіпкерлік капитал, зияткерлік капитал түрлерінің негізгі жіктелуіне негіз болатын жеке қасиеттер төменде берілген.

Адами капиталдың түрлері. Адами капитал түрлерін жіктеу осы мәселелер бойынша әдебиетте ұсынылған әртүрлі негіздер мен әртүрлі мақсаттар үшін мүмкін. Зерттеушілердің барлығы дерлік шындықты және зияткерлік капиталдың шешуші рөлін мойындайды.

Денсаулық капиталы. Дене күші, төзімділік, жұмыс қабілеттілігі, ауруға қарсы иммунитет, белсенді еңбек кезеңінің ұлғаюы әр адамға, кәсіби қызметтің кез-келген саласында қажет. Біз адам денсаулығы мен ұлттың денсаулығының үлкен, күрделі маңыздылығын, денсаулығынан айырылып, халықтың өлімі көбейген кезде түсінеміз.

Денсаулық капиталының қысқаруы (төмендеуі) демографиялық жағдайға әсер етеді, оны қазіргі уақытта өте күрделі деп бағалауға болады.

Еңбек капиталы. Еңбек неғұрлым күрделі болса, қызметкердің біліктілігіне, біліміне, тәжірибесіне және жауапкершілігіне қойылатын талаптар соғұрлым жоғары болады. П. Друкер атап өткендей: "Бизнес – бұл дамуды немесе жойылуды анықтайтын факторы оның қызметкерлерінің кәсіби біліктілігі болып табылатын фактор. Бірақ кәсіби білім -

бұл адамның нақты ресурсы. Білімді кітаптардан табуға болмайды. Онда тек ақпаратты табуға болады; бірақ кәсіби білім - бұл белгілі бір қызмет саласында ақпаратты қолдану мүмкіндігі".

Білікті кәсіби еңбек, академик С.Г. Струмилиннің есептеулері бойынша қарапайым еңбекке қарағанда 2-3 есе өнімді, және, тиісінше, тарифтік кесте бойынша 2-3 есе жоғары төленеді. Қолдау мен біліктілікті арттыруға салынған инвестициялар қызметкер мен кәсіпорынға тікелей қайтарым береді. Рас, жұмыс күші мен адами капиталды ажырату мәселесі сақталуда.

Зияткерлік капитал. Интеллектуалды, шығармашылық қызмет-бұл адам ақылының, тапқырлықтың, тапқырлықтың ерекше атрибуты.

Зияткерлік қызметтің өнімі оны экономикалық пайдаланудың бағыттары мен нысандарын айқындау құқығына ие автордың айрықша меншігі ретінде патенттеледі және авторлық құқықпен бекітіледі. Зияткерлік меншік объектілері кәсіпорындардың материалдық емес активтері ретінде шаруашылық айналымға тартылады және фирманың және осы активтердің меншік иелерінің кірістерін арттырады.

Өндірістегі шығармашылық бастаманың рөлінің артуы салалар мен кәсіпорындардағы мамандар үлесінің артуымен дәлелденеді. ХХІ ғасырдың басында шаруашылық салаларында жоғары білімді 11 млн. жуық маман, біліктілігі орта деңгейдегі 10,3 млн. маман жұмыс істеді. Егер оларға қызметкерлер мен жеке қызмет көрсететін жұмысшылар қосылса, онда жұмысшылардың саны негізінен жұмысшылардың санына тең болады.

Ұжымдық-кәсіпкерлік капитал. Кәсіпкер мен менеджердің жұмысы басқа еңбек түрлерімен салыстырғанда айтарлықтай ерекшелікке ие. Кәсіпкерлік және іскерлік бағалау, жаңашылдық, ұйымдастырушылық қабілеттер және жоғары жауапкершілік, үнемділік пен үнемдеу сезімі, ақылға қонымды тәуекел ету қабілеті, бизнесті жүргізу немесе

басқару үшін энергия мен ерік-жігер қажет. Бұл кәсіпкерлік қабілеттердің үлкен маңыздылығы мен бірегейлігін экономистердің көпшілігі мойындайды. Шумпетер қазіргі неоинституционализм теоретиктеріне дейін.

Кәсіпкерлік артықшылықтар - үлкен ресурстарға, ноу - хауға, коммерциялық құпияларға ие болуы оларды адами капиталдың ерекше түріне-ұйымдастырушылық және кәсіпкерлік капиталға айналдыруға мүмкіндік береді. Кез келген кәсіпорынның, мекеменің, білім беру орталықтарының тиімді құрылымдық капиталы "идеялар иерархиялық сатыдан жоғары бағаланған" жерде ғана пайда болуы мүмкін.

Өкінішке орай тәуелсіздігіміздің 30-жылдық, атаулы мерекесі алдында елімізден талантты жастармен, дайын мамандардың кетуіне қатысты жағдай алаңдатады. Бұл мәселе туралы депутат Александр Милютиннің айтуынша, «2020 жылы пандемия мен қозғалыс шектеулеріне қарамастан, эмигранттардың жалпы статистикасындағы жоғары білікті мамандардың үлесі 54,3% - ға жетті. Қазақстаннан 2019 жылмен салыстырғанда үш есе көп медиктер, төрт есе көп педагогтар, бес есе көп техникалық мамандар кетті. Сонымен қатар, жастардың кетуі қазірдің өзінде сыни деңгейге жақын. Он мыңдаған жастар Қазақстаннан кетіп, шетелге, әсіресе Ресейге оқуға кетеді, онда біздің еліміздің шетелде оқитын барлық студенттерінің 60% оқиды және сол жерде мәңгі қалады.

Әсіресе, Қазақстанда жоғары білім алудың танымал еместігі этноспен немесе тілмен байланысты емес, бұл туралы Ресейде және басқа елдерде оқитындардың арасында сол жерде қалуға ниет білдіргендері, этникалық қазақтардың едәуір үлесі куәландырады» - деді ол.

Депутаттардың пікірінше, мұның себептерінің бірі-Қазақстанда 2019 жылға дейінгі сырттай және қашықтықтан оқыту бағдарламаларының оқу жоспарлары күндізгі білім беру материалдарының 65% - ына дейін қысқартылды, ал 2019 жылдың бірінші қаңтарынан бастап сырттай білім

беру нысаны мүлдем тоқтатылды. Бұл елде қашықтықтан оқыту технологиялары бойынша жоғары білім алуға мүмкіндік жоқ, ал ресейлік университеттер мұндай оқу бағдарламаларын кеңінен ұсынады.

Тағы бір себебі, Қазақстаннан келген талапкерлердің ресейліктермен тең дәрежеде тегін оқуға түсу шарттары мен мүмкіндіктері бар, ал Ресейде мамандықтарды таңдау әлдеқайда көп. Біздің ойымызша, ең маңызды себеп-Ресейде түлектердің жұмысқа орналасу ықтималдығы жоғары", - деп толықтырды Милютин.

Оның айтуынша, қазақстандық жоғары оқу орындары түлектерінің жартысынан көбі мамандық бойынша жұмыс таба алмайды, себебі Қазақстанда:

-біріншіден, еңбек нарығы нашар бақыланады, соның салдарынан "Болашақ" бағдарламасы бойынша білім алған түлектер де мамандық бойынша жұмысқа орналаса алмайды;

- екіншіден, қазақстандық жоғары оқу орындарындағы білім шетелдік жоғары оқу орындарына қарағанда, бітірушіге жұмыс процесіне бірден қосылуға мүмкіндік беретін практикалық дағдыларды қалыптастыруға жеткіліксіз бағдарланғандықтан.

Сондай-ақ ипотеканың, жас отбасылар үшін балалар білім беру мекемелерінің қолжетімділігі, сондай-ақ Ресейде бар және Қазақстанда жоқ ана капиталының, отбасын қолдау бағдарламаларының болуы маңызды фактор болып табылады.

Жоғары оқу орнын бітіргеннен кейін жұмысқа орналастыру, олардың білімдерін ел экономикасында тиімді пайдалану, сондай - ақ басқа елдерде оқып жатқан жастардың Қазақстанға оралуға мүдделілігін ынталандыру қажеттілігі бойынша жоспарланған шаралар туралы мәлімет беруін сұрады [11].

Біз үнемі дамып келе жатқан ғылыми прогресс әлемінде өмір сүріп жатырмыз және білімнің негізгі тасымалдаушысы адам екенін атап өту қажет. Адам өзінің өмір сүру процесінде барлық басқа білім тасымалдаушыларын

жасайды, осылайша басқа адамдардың өмірін жеңілдетеді.

Тұжырымдама:

Бүгінгі таңда еліміздегі кәсіпорындардың инновациялық белсенділігі де маңызды факторлар болып табылады, жаңа технологияларды экономикалық айналымға тарту, қажетті сапа мен мөлшердегі ресурстардың әлеуетін жұмылдыру қабілеті тек кәсіби мамандардың қолынан келетіні айқын. Осыған байланысты заманауи техникалық-технологиялық ғылымды әр адамды

жетілдірудің негізгі элементі ретінде дамытуға, және қоғамның дамуын ынталандыруға көбірек көңіл бөлу қажет екенін мойындауымыз керек.

Демек, әрбір мемлекеттің саясаты осы мемлекеттің азаматтары шетелге кетуге ұмтылмайтындай, бірақ өз білімдерін туған елінде қолданып, оған ноу-хау санын ұлғайту және қолда бар өндірістер мен технологияларды жетілдіру есебінен жалпы ішкі өнімнің өсуін қамтамасыз ететін қосымша табыс әкелетіндей етіп құрылуы тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Глухов В.В. Экономика знания. – СПб.: Питер, 2002 г – 274с.
- [2] Еремін С.К. Информационное общество. – М.: Дрофа, 2000 г – 148с.
- [3] Скворцов А.С. Информация и цельное знание. – М.: ЮНИТИ, 1998г – 198с.
- [4] Тоффлер Э. Третья волна. – М.: Парус, 2003г – 302с.
- [5] Беккер Г.С. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории: Пер. с англ./ Сост., науч. ред., послес. Р.И. Капелюшников; предисл. М.И. Левин - М.: ГУ ВШЭ, 2003 г.– 672 с.

REFERENCES

- [1] Glukhov V. V. Ekonomika znaniya SPb Piter, 2002 g. – 274 s [In Russian: Economics of knowledge]. - St. Petersburg: Peter, 2002, 274 p.
- [2] Eremin S. K. Informachionnoe obchestva [In Russian: Information society]. - M.: Drofa, 2000,148 p.
- [3] Skvortsov A. S. Informachiya i shelnoe znanie [In Russian: Information and integral knowledge]. - M.: UNITY, 1998, 198 p.
- [4] Toffler E. Tretya volna [In Russian: The third wave. - M.: Parus, 2003, 302 p.
- [5] Becker G. S. Chelovecheskoe povededie ekonomicheskij podhod [In Russian; Human behavior: an economic approach. Selected Works on Economic Theory: Transl. from English / Comp., scientific ed., afterword by R. I. Kapelyushnikov; preface by M. I. Levin- M.: r School of Economics, 2003, 672 p.

ЗАМАНАУИ ЭКОНОМИКА – КӘСІБИ БІЛІМ ЭКОНОМИКАСЫ

Гүлстан Қайратқызы, докторант, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, gulistan.kairatkyzy@gmail.com

Күлғайша Жүнісқанқызы, докторант, Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан, Gulgaisha_1984@mail.ru

Жұмажан Ғинаятұлы Жанбиров, тарих ғылымдарының докторы, Орталық Азия университеті, Алматы, Қазақстан, janbirov_jg@mail.ru

СОВРЕМЕННАЯ ЭКОНОМИКА - ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЭКОНОМИКА ОБРАЗОВАНИЯ

Гульстан Кайраткызы, докторант, Академия логистики и транспорта, г. Алматы, Казахстан, gulistan.kairatkyzy@gmail.com

Кулгайша Жунисканкызы, докторант, Казахский национальный исследовательский аграрный университет, г. Алматы, Казахстан, Gulgaisha_1984@mail.ru

Жумажан Гинятович Жанбиров, доктор исторических наук, Центрально-Азиатский университет, г. Алматы, Казахстан, janbirov_jg@mail.ru

Аннотация. В последние десятилетия развитие экономической теории характеризуется увеличением числа работ, посвященных проблемам расширенного воспроизводства рабочей силы. Сегодня важнейшими факторами являются и инновационная активность предприятий страны, способность вовлекать новые технологии в экономический оборот, мобилизовать потенциал ресурсов необходимого качества и количества, очевидно, только у профессионалов.

Ключевые слова: экономика, технология, предприятие, инновации, социальный ресурс, квалификация, опыт, рабочая сила, современное развитие.

ӘСКЕРИ ІС
ВОЕННОЕ ДЕЛО
MILITARY SCIENCE

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 118, No.3 (2021) pp.157-164

CREATION OF A SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL CENTER FOR THE DESIGN OF ULTRALIGHT MISSILES FOR THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Kosbolov Serikbay Baitekovich – Doctor of Technical Sciences, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, s.kosbolov@aes.kz

Vasilevich Pavel Sergeevich - Chief Manager of "Research & Development "Kazakhstan Engineering" LLP, Nur-sultan, Kazakhstan, info.niike@institute.ke.kz

Aitbayev Galymzhan Kairovich - Test Engineer, R&D Center "Kazakhstan Engineering" LLP, Nur-sultan, Kazakhstan, info.niike@institute.ke.kz

Orazaly Yerkin Yermekovich - Engineer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, ki@aes.kz

Annotation. Currently, more and more attention is being paid to the national security of the country. The idea of the project is to offer for the needs of the defense industry of the Republic of Kazakhstan the development of scientific and technological bases for the experimental design of rocket technology and technology focused on a specific task.

The article presents an analysis of the current issue of trends in the development of small short-range tactical missiles, as well as a general scheme of the process for creating a scientific and technological center for designing ultralight missiles. The article also provides general recommendations on the manufacturing technology of small rocket body elements.

Keywords: Design, rocket, mathematical model, 3D modeling, power shell, materials, body, composite, winding, scientific and technological center.

УДК 629.762

DOI 10.52167/1609-1817-2021-118-3-157-164

С.Б. Косболов¹, П.С. Василевич², Г. К. Айтбаев², Е.Е. Оразалы¹

¹Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы, Казахстан

²ТОО R&D центр «Казахстан инжиниринг», г. Нур-Султан Казахстан

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация. В настоящее время все большее внимание уделяется национальной безопасности страны. Идея проекта — это предложить для нужд оборонной отрасли РК разработку научно-технологических основ для опытно-конструкторского проектирования ракетной техники и технологии, ориентированной на конкретную задачу.

В представленной статье приведен анализ актуального вопроса тенденций развития малых ракет ближней тактической зоны, а также общая схема процесса по созданию научно-технологического центра для проектирования ракет сверхлегкого класса. Также в статье даны общие рекомендации по технологии изготовления элементов корпуса малых ракет.

Ключевые слова: Проектирование, ракета, математическая модель, 3Д моделирование, силовая оболочка, материалы, корпус, композиционный, намотка, научно-технологический центр.

Введение

В целях обеспечения национальной безопасности, в частности, национальных границ, используются ракеты с ближним радиусом действия. Основная цель использования малых ракет заключается в обеспечении безопасности национальных границ. Особое место ракеты с малым радиусом действия занимают в обеспечении безопасности в приграничных районах, где имеются предпосылки к возникновению вооруженных конфликтов. С учетом малого радиуса действия и размещения ракетных комплексов на территории государства-собственника упор делается на безопасность пуска. Поэтому в ходе испытания новых ракет особое внимание уделяется аэродинамическим свойствам ракет - точности пуска, погрешности от изменения заданной баллистической траектории.

Возможность применения ракет происходит с оценкой их различных параметров. Так, значения скорости и высоты полета ракеты должны быть

сбалансированы, а внедренная в ракету модель воздушно-реактивного двигателя должна отличаться малым расходом топлива. Большое значение при конструировании ракет играют аэродинамические свойства, потому что они определяют точность поражения, скорость достижения ракетой заданной цели.

Для решения поставленных задач будут использованы теоретические и экспериментальные подходы. Для системы неуправляемых малых ракет будут построены соответствующие математические модели, на которых будет изучено их поведение при различных условиях.

В настоящее время методы математического моделирования поведения аэрокосмических аппаратов не имеют альтернативны и являются общепринятыми в мировой практике создания летательных аппаратов.

В рисунке 1 представлены этапы создания научно-технологической центра для проектирования ракет сверхлегкого класса и их составляющие.



Figure1 - Creation of a scientific and technological center for the design of ultralight missiles.

Рисунок 1 - Создание научно-технологической центра для проектирования ракет сверхлегкого класса

Общие рекомендации по технологии изготовления элементов корпуса малых ракет.

Назначение и условия эксплуатации объекта производства.

Силовая оболочка обеспечивает несущую способность корпуса малых ракет и представляет собой тонкостенное тело вращения, имеющая цилиндрическую форму. В корпус закладывается твердотопливный заряд, и в процессе работы ракеты происходит горение заряда непосредственно внутри корпуса. При этом силовая оболочка корпуса работает в экстремальных условиях:

– температура продуктов сгорания внутри корпуса 3400÷3600 К;

– номинальное давление внутри корпуса 10 МПа.

Кроме того, силовая оболочка корпуса должна обладать минимальной

массой, что при прочих равных условиях обеспечит увеличение массы выводимого полезного груза.

Анализ и обоснование выбора материалов объекта производства

Выбор материала, используемого при изготовлении силовой оболочки корпуса, определяется назначением и условиями эксплуатации, действующими нагрузками и требованиями, предъявляемыми к изделию. Силовая оболочка обеспечивает несущую способность корпуса. При этом силовая оболочка подвергается воздействию внутреннего давления, сжимающих (осевых) сил и изгибающих моментов, а также нагреву. Для защиты силовой оболочки от воздействия значительных тепловых потоков используется внутреннее теплозащитное покрытие, представляющее собой

комбинированную многослойную структуру.

На основании требований, предъявляемых к рассматриваемой конструкции (обеспечение жесткости и прочности), с учетом условий эксплуатации изделия и действующих нагрузок можно сформировать критерий эффективности материала, применяемого

при изготовлении силовой оболочки корпуса:

- максимальное значение модуля упругости в широком температурном диапазоне;
- максимальное значение предела прочности в широком температурном диапазоне;
- минимальное значение плотности (массы).

Таблица 1 - Характеристики конструкционных материалов, применяемых при изготовлении ракетной техники

| Материал | E, ГПа | $\frac{\sigma}{\rho}$, км | F ₊₁ , МПа | ρ, кг/м ³ |
|------------------------|--------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| Сталь 30ХГСА | 200 | 192 | 1500 | 7800 |
| Алюминиевый сплав В95 | 71 | 178 | 510 | 2850 |
| Титановый сплав ВТ-20Л | 110 | 196 | 900 | 4600 |
| Стеклопластик | 48 | 727 | 1600 | 2200 |
| Углепластик | 140 | 750 | 1200 | 1600 |
| Органопластик | 80 | 1850 | 2500 | 1350 |

Анализируя характеристики различных конструкционных материалов, применяемых при изготовлении силовых элементов ракетной техники, можно сделать вывод, что полимерные композиционные материалы обладают наиболее высокими удельными характеристиками (удельная прочность и удельная жесткость). В связи с этим применение композиционных материалов дает возможность создавать силовые конструкции меньшей массы, сохраняя при этом их жесткость и прочность.

Очень важным показателем механических свойств материалов являются так называемые удельные характеристики или отношение прочности и модуля деформации к плотности (принятый показатель оценки удельной прочности материалов - "разрывная длина" в километрах).

На рисунке 2 изображена 3Д модель корпуса РДТТ, подготовленного к испытаниям в пакете Solidworks Simulation.

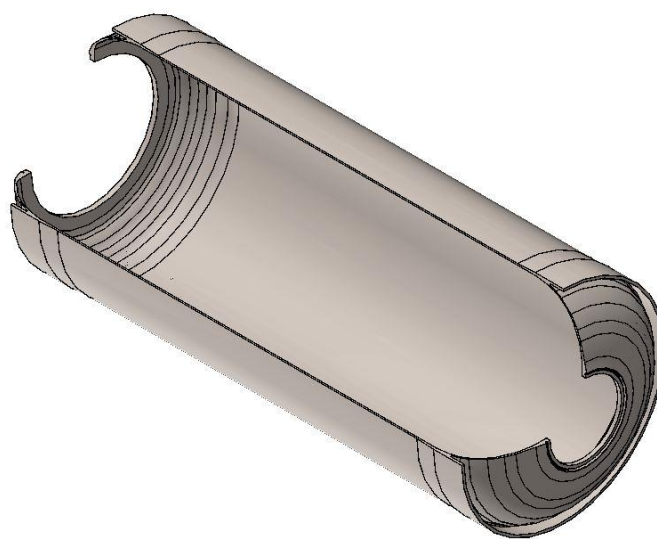


Figure 2 - 3D model of the Solid-fuel rocket engine body (Solidworks)
Рисунок 2 – 3Д модель корпуса РДТТ (Solidworks)

Анализ и обоснование технологии изготовления

Силовая оболочка корпуса ракеты – крупногабаритная конструкция сложной конфигурации. Для изготовления такого рода объектов методом намотки целесообразно использовать способ “мокрой” намотки. В отличие от способа “сухой” намотки (волокнистый армирующий материал перед намоткой предварительно пропитывается связующим на пропиточных машинах) при способе “мокрой” намотки пропитка армирующего волокнистого материала связующим, и намотка на оправку совмещены.

Основные этапы технологической операции намотки изделия при использовании способа “мокрой” намотки:

- предварительная подсушка нитей горячим воздухом;
- формирование прядей из нитей;

- пропитка прядей связующей композицией в пропиточно-натяжном тракте (протягивание нитей через ванночку со связующим);

- удаление излишек связующего, натяжение прядей нитей;

- намотка прядей на вращающуюся оправку, укрепленную на намоточном станке.

Преимущество способа “мокрой” намотки заключается в более низком контактом давлении формования, что требует оборудования с меньшей мощностью привода и лучшей формуемостью поверхностей изделия. Это обуславливает применение данного способа при изготовлении крупногабаритных оболочек сложной конфигурации.

Недостатки способа “мокрой” намотки:

- невысокая скорость намотки, ограниченная скоростью пропитки наполнителя связующей композицией;

– невозможность обеспечения равномерного содержания связующего по толщине наматываемого изделия;

– большое количество отходов связующего в виде загустевших остатков в пропиточной ванне и выдавленного излишка связующего из наматываемого изделия;

– загрязнение намоточно-пропиточного тракта и рабочего места связующим;

– невозможность применения высоковязких связующих.

Технологическое решение, применяемое при изготовлении силовой оболочки корпуса ракеты в рамках данной работы и позволяющее оптимизировать операцию “мокрой” намотки: следует осуществлять пропитку пряжей связующим в пропиточно-натяжном тракте протягиванием нагретых нитей через ванночку с ненагретым связующим (обычно пропитку осуществляют протягиванием не нагретых нитей через ванночку с нагретым связующим). Это позволяет осуществлять пропитку пряжей связующим более равномерно, уменьшая нанос излишков связующей композиции.

В зависимости от типа укладки армирующего волокнистого материала в намотанном изделии различают следующие технологические схемы намотки:

– прямая (окружная);

– спирально-винтовая (тангенциальная, кольцевая);

– спирально-перекрестная (спирально-продольная, спирально-поперечная);

– совмещенная спирально-кольцевая;

– продольно-поперечная, косослойная продольно-поперечная;

– планарная (полюсная, орбитальная, плоскостная);

Выводы

В этой статье рассмотрены современные подходы к проектированию ракет, а также приведена общая схема процесса по созданию научно-технологического центра для проектирования ракет сверхлегкого класса. Даны общие рекомендации по технологии изготовления элементов корпуса малых ракет. Проведен анализ и обоснование выбора материала силовой оболочки корпуса ракет как объекта производства. Описано обоснование выбора технологии изготовления силовой оболочки корпуса.

Исследование было поддержано грантом №00076/ГФ «Создание научно-технологического центра для проектирования ракет сверхлегкого класса».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://hightech.fm/2017/07/01/small-rockets>
- [2] <https://www.rbc.ru/magazine/2018/05/5ad738949a7947e8995fa043>
- [3] <https://www.popmech.ru/technologies/378672-mikrorakety-dlya-bolshogo-kosmosa-stanet-li-orbita-territoriey-chastnikov/>
- [4] <https://habr.com/ru/post/410453/>
- [5] Алипбаев К.А., Джамалов Н.К., Елубаев С.А., Бопеев Т.М., Сухенко А.С. Фильтрация данных системы управления движением и навигации космического аппарата. // Вестник НИА РК, №1, 2012, с. 65-68.
- [6] "Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion", By David Lee Hall, Sonya A. H., Artech House, 2004, ISBN 1-58053-335-3, section 4.4.4.
- [7] Ракишева З.Б. Исследование движения динамически симметричного тела. // Вестник Национальной инженерной академии РК, № 4(26), 2007, с. 61- 66.

[8] Ракишева З.Б. Управление движением твердого тела для аналога случая Ковалевской. //Вестник КазНУ, серия мат., мех., инф., № 2, 2006, с.146- 150.

REFERENCES

- [1] <https://hightech.fm/2017/07/01/small-rockets>
[2] <https://www.rbc.ru/magazine/2018/05/5ad738949a7947e8995fa043>
[3] <https://www.popmech.ru/technologies/378672-mikrorakety-dlya-bolshogo-kosmosa-stanet-li-orbita-territoriey-chastnikov/>
[4] <https://habr.com/ru/post/410453/>
[5] Alipbaev K.A., Djamalov N.K., Elubaev S.A., Boreev T.M., Suhenko A.S. Filtrasiya dannyh sistemy upravleniya dvizheniem i navigatsii kosmicheskogo apparata. // Vestnik NIA RK, №1, 2012, s. 65-68.
[6] "Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion", By David Lee Hall, Sonya A. H., Artech House, 2004, ISBN 1-58053-335-3, section 4.4.4.
[7] Rakişeva Z.B. Issledovanie dvizheniya dinamicheski simmetrichnogo tela. //Vestnik Nacionalnoi inženernoi akademii RK, № 4(26), 2007, s. 61- 66.
[8] Rakişeva Z.B. Upravlenie dvizheniem tverdogo tela dlya analoga sluchaya Kovalevskoi. //Vestnik KazNU, seriya mat., meh., inf., № 2, 2006, s.146- 150.

СОЗДАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Косболов Серикбай Байтекович – доктор технических наук, Алматинский университет энергетики и телекоммуникаций имени Гумарбека Даукеева, Алматы, Казахстан, s.kosbolov@aes.kz

Василевич Павел Сергеевич - главный менеджер ТОО «R&D центр «Казахстан Инжиниринг», Нур-ултан, Казахстан, info.niike@institute.ke.kz

Айтбаев Галымжан Каирович - инженер-испытатель, ТОО «R&D центр «Казахстан Инжиниринг», info.niike@institute.ke.kz

Оразалиев Еркин Ермекович - инженер, Алматинский университет энергетики и телекоммуникаций имени Гумарбека Даукеева, Алматы, Казахстан, ki@aes.kz

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҮШІН АСА ЖЕҢІЛ КЛАСТЫ ЗЫМЫРАНДАРДЫ ЖОБАЛАУ ҮШІН ҒЫЛЫМИ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ОРТАЛЫҚ ҚҰРУ

Косболов Серікбай Байтеқұлы - техника ғылымдарының докторы, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және телекоммуникация университеті, Алматы, Қазақстан, s.kosbolov@aes.kz

Василевич Павел Сергеевич - "R&D орталығы "Қазақстан Инжиниринг" ЖШС бас менеджері, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, info.niike@institute.ke.kz

Айтбаев Галымжан Қайырұлы - инженер-сынаушы, "R&D орталығы "Қазақстан Инжиниринг" ЖШС, Нұр-Сұлтан, Қазақстан, info.niike@institute.ke.kz

Оразалиев Еркин Ермеқұлы - инженер, Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және телекоммуникация университеті, Алматы, Қазақстан, ki@aes.kz

Андатпа. Қазіргі уақытта елдің ұлттық қауіпсіздігіне көбірек көңіл бөлінуде. Жобаның идеясы-бұл ҚР Қорғаныс саласының қажеттіліктері үшін нақты міндетке

бағытталған зымыран техникасы мен технологиясын тәжірибелік-конструкторлық жобалау үшін ғылыми-технологиялық негіздерді әзірлеуді ұсыну.

Ұсынылған мақалада жақын тактикалық аймақтың шағын зымырандарының даму тенденцияларының өзекті мәселесіне талдау, сондай-ақ ультра жеңіл класты зымырандарды жобалау үшін ғылыми-технологиялық орталық құру процесінің жалпы схемасы келтірілген. Сондай-ақ, мақалада шағын зымырандар корпусының элементтерін жасау технологиясы туралы жалпы ұсыныстар берілген.

Түйінді сөздер: жобалау, зымыран, математикалық модель, 3Д модельдеу, күштік қаптама, материалдар, корпус, композициялық, орау, ғылыми-технологиялық орталық.

Подписано в печать 17.09.2021 г. Формат 70x100 ¹/₁₆
Объем 148 стр. Заказ № 405. Тираж 500 экз.
Бумага офсетная 80 г.
Издательский центр АЛТ
Адрес: г. Алматы, ул. Мауленова, 110. Тел. +7 (727) 390-75-36