

ПОЕЗД РАДИОАЛОҚА ТИЗИМЛАРИДА ВАГОН-ЛАБОРАТОРИЯ ЎЛЧОВ МАЪЛУМОТЛАРИНИ ТАҲЛИЛ ҚИЛИШ

Курбанов Ж.Ф., Хуснидинова Н.Ф.

Тошкент давлат транспорт университети (Тошкент, Ўзбекистон)

- Аннотация:** Гектометр тўлқин узунлиги диапазонида (ГМТ) ташкил этилган поезд радио алоқа тармоклари (ПРА) ўзаро гурухли канални ва диспетчерлик айланасининг исталган жойида жойлашган локомотив машинистлари билан поезд, локомотив ва энергия диспетчлерининг сўзлашувини таъминлайди. ПРА ҳаракатни тезкор бошқариш учун ишлатилади ва темир йўл транспортида хавфсизликни таъминлашнинг муҳим элементи ҳисобланади. Ташиш жараёнини бошқариш самарадорлиги ПРАнинг ишончлилигига боғлик. Ушбу маколада қабул қилинган сигнал кучининг ўзгаришига йўналтирилган чизигига яқин масофага боғлиқлигини тавсифловчи модел ёрдамида вагон лабораториясининг ўлчовлари тўғрисидаги маълумотларни умумлаштирилган талқин қилиш имконияти кўриб чиқилди. Уч модел параметрларини ҳисоблаш натижалари ва фарқлар катталиги таҳлил қилинган. Тақдим этилган натижалар таклиф қилинган усулдан фойдаланган ҳолда вагон лаборатория томонидан олинган маълумотларга кўра ўлчовларни шарҳлаш ва йўналтирилган чизик параметрларини аниқлаш имкониятини берди. Ушбу усул ёрдамида ҳар бир босқичда ушбу параметрларнинг банкини тўплаш ва ўлчов натижаларини нафақат жорий, балки аввалги маълумотларни таҳлил қилиш имконияти мавжудлиги аниқланди.
- Калит сўзлар:** поезд радио, алоқа, электромагнит майдон, автоматика ва радиоалоқа учун мобил ўлчаш мажмуаси (МИКАР), фаол радио мониторинги учун ўлчов комплекси (ИКАР) ва поезд радиоалоқа параметрларини ўлчаш ҳисоблаш назорати комплекслари (ИВК-радио), узатгич, қабулқилгич, радиостанция, гектометрли диапазон

ANALYSIS OF THE DATA OF LABORATORY MEASUREMENTS IN TRAIN RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

Kurbanov J.F., Khusnidinova N.F.

Tashkent State Transport University (Tashkent, Uzbekistan)

- Abstract:** Train radio communication networks organized in the hectometer wavelength range provide an intergroup channel and communication between train and locomotive dispatchers and energy dispatchers with locomotive drivers located at any point of the dispatch circle. Train radio communication (TRC) is used for fast traffic control and is an important safety element in railway transport. The efficiency of transport process management depends on the reliability of the TRC. This article considers the possibility of a generalized interpretation of the data of laboratory measurements of a car using a model that describes the dependence of the change in the power of the received signal on the distance close to its guide line. The results of calculating the three parameters of the model and the magnitude of the differences were analyzed. The presented results made it possible, using the proposed method, to interpret the measurements and determine the parameters of the reference line according to the data obtained by the laboratory. Using this method, it was found that at each stage it is possible to collect a data bank of parameters and analyze the results of measurements not only of the current, but also of previous data.

- Key words:** train radio communication (TRC), electromagnetic field, mobile measuring complex for automation and radio communication (MIKAR), measuring complex for active radio monitoring (IKAR) and measuring complexes for monitoring train radio communication parameters (IVK-radio), transmitter, receiver, radio station, range hectometer

АНАЛИЗ ДАННЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Курбанов Ж.Ф., Хуснидинова Н.Ф.

Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация: Сети радиосвязи поездов, организованные в гектометровом диапазоне длин волн (ГМВ), обеспечивают межгрупповой канал и связь между диспетчерами поездов, локомотивов и энергодиспетчерами с машинистами локомотивов, расположеннымными в любой точке диспетческого круга. Поездная радиосвязь (ПРС) используется для быстрого управления движением и является важным элементом безопасности на железнодорожном транспорте. Эффективность управления транспортными процессами зависит от надежности ПРС. В данной статье рассмотрена возможность обобщенной интерпретации данных лабораторных измерений вагона с использованием модели, описывающей зависимость изменения мощности принимаемого сигнала от расстояния, близкого к его направляющей линии. Были проанализированы результаты расчета трех параметров модели и величины различий. Представленные результаты позволили с помощью предложенного метода интерпретировать измерения и определять параметры ориентировочной линии по данным, полученным лабораторией. С помощью данного метода установлено, что на каждом этапе есть возможность собрать банк данных параметров и проанализировать результаты измерений не только текущего, но и предыдущие данные.

Ключевые слова: поездная радиосвязь (ПРС), электромагнитное поле, мобильный измерительный комплекс для автоматики и радиосвязи (МИКАР), измерительный комплекс активного радиомониторинга (ИКАР) и комплексы измерительные вычислительные контроля параметров поездной радиосвязи (ИВК-радио), передатчик, приемник, радиостанция, гектометр диапазона

Кириш. Темир йўлларнинг электрлаштирилган участкаларида ГМТ диапазони ПРАни ташкил қилишда индуктив узатиш усули қўлланилади, бунда электромагнит майдон атрофдаги мухитга нурланмайди, лекин темир йўл изи яқинида жойлашган йўналтирилган тизим бўйлаб тарқалади.

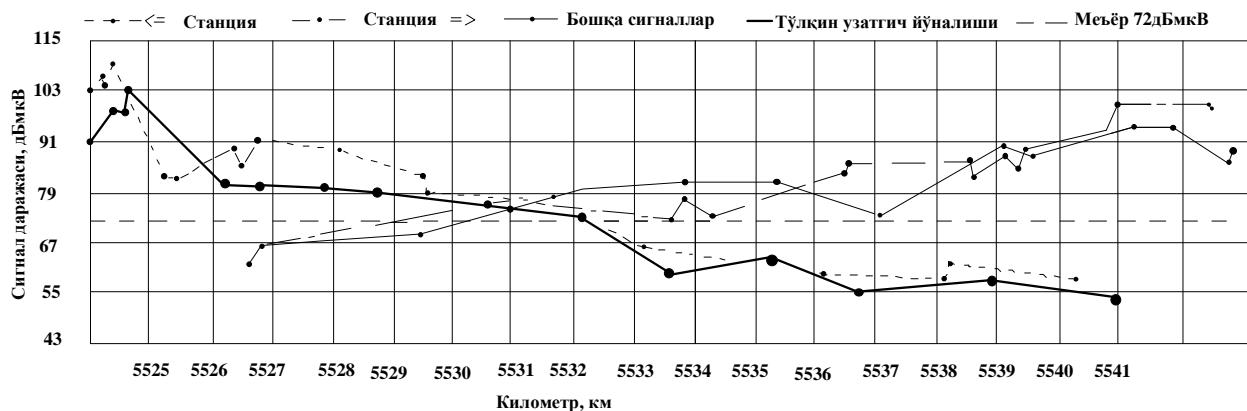
Ушбу усул қабул қилиш жойида майдон кучланишини ошириш ва электр таъминоти тизимларида юзага келадиган шовқинларнинг юқори даражасини қоплашга имкон беради. Йўналтирилган тизим сифатида контакт тармоғининг таянчларида ёки алоҳида таянчларда маҳсус тўхтатилган битта ва икки симли линиялар (тўлқин мосламалари), узатиш алоқа симлари, электр узатиш линиялари ва бошқалар ишлатилади.

Бундай линияларни юқори частотали сигналлар, электр узатиш подстанциялари ва сунъий иншоатларни қувватлантириш, шунингдек, кучланиши йўқотиш учун йўналтирилган чизиқларига турли хил қўшимча элементлар - филтрлар, ажратувчи конденсаторлари, химоя резисторлар ва бошқалар ўрнатилади. Шундай қилиб, йўналтирувчи линия мураккаб тақсимланган тизим бўлиб, унинг ҳолатини кузатиш мухим техник вазифадир, чунки йўналтирилган чизиқлар ҳолати орқали биринчи навбатда алоқа сифати аниқланади. Маълумки, ўзгарувчан токнинг электр тортишиш жойларида контакт тармоғининг симлари ва юқори вольтли линиялар симлари атрофида пайдо бўладиган электромагнит майдон унга яқин жойлашган тўлқинсимон симга индуктив таъсир кўрсатади. Берилган кучланиш, тўлқин қаршилигининг бир хиллиги, ёмон иқлим шароитлари йўналтирилган линияларининг эксплуатациясини ва поезд радио алоқаси барча қурилмаларнинг ишланини мураккаблаштиради. Вакт ўтиши билан алоҳида элементларнинг ишламай қолиши, контактларнинг оксидланиши ва бошқалар туфайли узатиш йўлига қўшимча сўниш пайдо бўлади, шовқин даражаси ошади ва сигнал минимал рухсатэтилган кийматдан пастга бўлган жойларда "ўлик" зоналар пайдо бўлади. Ишончли ва узлуксиз алоқани таъминлаш учун хавфли носозликларни вақтида аниқлаш ва олдини олиш керак. Шу муносабат билан поезд радио алоқаларини мониторинг қилиш ва

диагностика қилишнинг мавжуд усулларини такомиллаштириш муҳим вазифа хисобланади [2, 3].

Асосий қисм. Ҳозирги вақтда маҳсус ўлчаш асбоблари билан жиҳозланган вагон лабораториясидан (ВЛ), ПРА тўлқин тракти ҳолатини кузатиш учун фойдаланилади. Иккиламчи ва асосий йўналишларда поездларнинг радиоалоқа каналларини синаш мос равишда йилига бир марта ва икки марта тезюар поездларнинг участкаларида ва транспорт йўлакларининг асосий йўналишларида - ҳар чорақда ўтказилади. ПРА параметрларини аниқлаш учун МИКАР, ИКАР ва ИВК-радио ўлчов комплекслари кўлланилади.

Ушбу ўлчовларнинг натижалари сигнал даражаси ва қабул қилувчининг киришига назорат қилинадиган перегон бўйлаб масофадан шовқинга боғлиқлиги хисобланади. 1-расмда мисол тариқасида ВЛ маълумотларига мувофиқ ПРА ГМД диагностикаси натижаларининг протоколларидан бири кўрсатилган. Маълумотлар МИКАР ўлчов комплекси ёрдамида олинган. Кўриб турганингиздек, протоколда келтирилган маълумотлар жуда ўзгарувчан бўлиб, улардан йўналтирувчи линияларининг камчиликларини аниқлаш жуда кўп тажрибани талаб қиласидиган қийин вазифа хисобланади [5, 6].



1-расм. Поезд радиоалоқа параметрларини ўлчаш протоколи

Шуни таъкидлаш керакки, 1-расмда келтирилган маълумотларни таҳлил қилишнинг ҳеч қандай усули йўқ, бу чизик йўналиши бўйича носозликларни аниқлашга имкон беради. Фақат "ўлик зоналар" зоналари, радиостанцияларнинг шовқини ва ишламай қолиш даражаси аниқланади. Ушбу шароитда турли вақтларда бир хил перегонда олинган ўлчов натижаларини таққослаш фақат визуал тарзда амалга оширилиши мумкин, бу бизга йўналтирилган чизигининг силлиқ бузилишидан келиб чиқсан тизим параметрларининг озгина ёмонлашишини аниқлашга имкон бермайди. Мақолада қабул қилинган сигнал кучининг ўзгаришига йўналтирилган чизигига яқин масофага боғлиқлигини тавсифловчи модел ёрдамида вагон лабораториясининг ўлчовлари тўғрисидаги маълумотларни умумлаштирилган талқин қилиш имконияти кўриб чиқилади [1].

Маълумки, ҳаракатланувчи обьектлар билан алоқа тизимлари учун қабул қилинган сигнал қувватининг P_c стационар узатувчи ва мобил қабул қилгич ўртасидаги r масофага боғлиқлиги уларнинг ишлашининг асосий хусусиятларидан биридир. Алоқа тизимларининг асосий кўрсаткичлари - хизмат кўрсатиш зоналарининг катталиги, ускунанинг зарур энергия параметрлари, ўзаро аралашув даражаси кўп жиҳатдан $P_c(r)$ ўзгариш характеристига боғлиқ [4].

ПРА тизимларида $P_c(r)$ сигналларининг кучини аниқлаш учун баъзи оддий моделларнинг имкониятларини таҳлил қиласидик. Биринчидан, $P_c(r)$ ўзгаришнинг даражали моделини кўриб чиқамиз, бу сигналнинг тарқалишини тасвирилаш учун ишлатилган:

$$P_c(r) = p_0(r_0/r)^\gamma, \quad (1)$$

бу ерда P_0 – узатгичдан r_0 масофада жойлашган бирликдаги сигнал қуввати, $\gamma = P_c(r)$ ўзгариш тезлигини характерловчи даражада күрсаткичи. Шуны эсда тутишимиз керакки, стационар ва мобил антенналарнинг йўналтирилган хусусиятларининг таъсири r_0 қувватини аниқлашда ҳисобга олиниши мумкин ва улар алоҳида кўриб чиқиши шарт эмас.

Модел (1) темир йўл транспортининг мобил алоқа тизимларида сигналларнинг тарқалишини таҳлил қилиш учун ишлатилган. Ушбу ишда келтирилган барча экспериментал маълумотларга мос эканлиги аниқланди. Йўналтирилган чизиклардан фойдаланган ҳолда ГМТ диапазонининг поезд радио алоқаси учун γ параметрлари бошқа тизимларга нисбатан энг кичик қийматга эга, 95% еҳтимоли билан 1,2–2 оралиғида ётади.

Афсуски, йўналтирилган чизикда сигналларни тавсифлаш учун (1) моделдан фойдаланиш физик маънога эга эмас ва фақат бошқа радио алоқа тизимлари билан таққослаш учун асослидир. Модел (1) антenna ёрдамида радиотўлқинлар атрофдаги мухитга тарқаладиган алоқа тизимларига мос келади ва ер юзаси ва унинг хусусиятларини акс эттиришни, ёғингарчиликда қўшимча йўқотишларни, рельеф элементларига тарқалишни, шахар шароитида ва бошқаларни ҳисобга олиши мумкин.

Бизнинг вазиятда яна мос келадиган модел бу экспоненсиал боғлиқликдир:

$$P_c(r) = p \exp(-r/b). \quad (2)$$

Бу ерда (1) моделга ўхшаб иккита параметр: p – йўналтирилган чизик пайдо бўлиш қуввати ва b – унинг чизиқли пасайишини белгилайдиган коефициент. Ушбу параметрлар аниқ физик маънога эга ва йўналтирилган чизиқнинг хақиқий хусусиятлари билан боғлик: $p_r = 0$ бўлганда бошланғич йўналтирилган линия қувватини аниқлайди, b – йўналтирувчи линиянинг бошидаги қувватнинг е марта пасайиши [7, 8].

Модел (2) бир ҳил ер усти ва кабел алоқа линиялари орқали узатишда сигналларнинг ўзгаришини кўрсатади ва улардан ПРА тизимларида қўлланма чизигини тавсифлаш учун фойдаланиш мумкин, улар ўртача бир ҳил деб ҳисбланади. Бундай ҳолда, b параметр самарали маънога эга йўналтирилган чизигини ташкил этадиган чизиқли қурилмалардаги сигналларнинг пасайишини ҳисобга олган ҳолда ўртача масофани тавсифлади.

Хақиқий шароитда $P_c(r)$ моделдан (2) боғлиқликнинг мумкин бўлган оғишларини кўриб чиқамиз. Энергия йўналтирилган чизик бўйлаб тарқалганда, унинг бир қисми атрофдаги мухитга тарқалади ва қабул қилувчига йўналтирилган чизик бўйлаб эмас, балки фазовий тўлқинларнинг тарқалиши орқали эришилади. Бундай алоқа усули антеннадан фойдаланган ҳолда ГМТ диапазонли ПРА тизимлари учун хосдир.

Агар нисбатан кичик масофаларда бу сигнал йўналтирилган чизик бўйлаб тарқаладиган сигналга қараганда анча кам қувватга эга бўлса, баҳолашга кўра, $r=10-20$ км дан бошлаб, у таққосланиши мумкин ва хатто йўналтирилган чизик бўйлаб келадиган сигнал даражасидан ҳам ошиб кетиши мумкин. Агар йўналтирилган чизик ишламай қолса, масалан, у бузилса ёки узилганда, бу масофа камроқ бўлади ва моделдан (2) фарқлар янада сезиларли бўлади.

Қўшимча параметрни киритиб, фазовий тўлқинлар мавжуд бўлганда экспонент моделдан (2) оғишни ҳисобга оламиз:

$$P_c(r) = p \exp\left(-\frac{r}{b}\right) + c. \quad (3)$$

Моделнинг ушбу учинчи параметри йўналтирилган чизигини четлаб ўтиб, нолга яқинлашишда қабул қилувчининг киришига кирадиган сигналларни ҳисобга олади. Кичик масофаларда, формуласалар (3) моделга (2) тўғри келади, катта r да, фарқлар сезиларли бўлади. Фазовий тўлқинларни ҳисобга олиш учун нол яқинлашувидан фойдаланиш вагон лабораториясининг сигнал даражасини ўлчаш бўйича дастлабки маълумотларнинг аниқлиги кичик ва 3 дБ ни ташкил этади ва ўлчаш с параметрининг таъсири сезиларли бўлган катта масофаларда сигнал/шовқин нисбати пастилиги туфайли қийинлашади [9, 10].

Шундай қилиб, ҳолатни ташхислаш ва параметрларни аниқлаш учун вагон лабораториянинг ўлчов натижалари бўйича йўналтирилган чизиги (3) моделга энг кўп мос келади, у учта параметрга эга ва бизнинг ҳисоб-китобларимиз бўйича аниқлик билан

дастлабки маълумотлар билан таққосланиши мумкин. Ушбу моделдаги иккита параметр йўналтирилган чизикнинг асосий параметрларига тўғри келади - унинг қўзғалиш қуввати р ва ўртача масофа b , бунда қувват e марта камаяди. Кўришимиз мумкинки, р параметрида йўналтирилган чизик ва қабул қилгич ўртасидаги ўтиш сўнишини ўз ичига олади, бу ҳисоблашларни сезиларли даражада соддалаштиради. С параметр қабул қилинган сигналда фазовий тўлқинларнинг улушкини тавсифлайди, унинг ортиши йўналтирилган чизикда радиация йўқотишларининг кўпайишини англатади. Шовқиннинг катталиги ҳам ушбу параметрга сезиларли таъсир кўрсатади, чунки кучсиз сигналларни ўлчашда сигналнинг умумий фойдали қуввати ва шовқин аниқланади.

Моделларнинг параметрларини аниқлаш учун дастлабки маълумотлар 1-расмда кўрсатилган протоколлардан олинган. Протоколлар ракамлаштирилади ва ҳар бир станция учун икки ўлчовли массив яратилади $[Y_i, r_i]$, бу ерда r_i - станциядан масофа, Y_i - бу 1 мкВ га нисбатан дБ сигнал даражаси, дБмкВ деб белгилаймиз. Н жуфт сонли бу катор $Y(r_i)$ экспериментал боғлиқлигини тасвирлайди; 1-расмда қалин чизикда жойлашган нуқта унинг тузилишига мисол қилиб кўрсатилган.

Модел параметрларини аниқлаш учун энг кам квадратлар усули ишлатилган. Функциялар кўриниши минималлаштирилди:

$$F(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) = \sum_{i=1}^N [Y_i - 10\lg P_c(r_i, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)]^2 \quad (4)$$

Бу ерда λ_j - модел параметри, n -уларнинг сони.

(4) формуладан кўриниб турибдики, функционал функцияларни ҳисоблашда модел томонидан берилган P_c қийматларининг экспериментал маълумотлардан оғиши логарифмик шкалада ҳисобланган, шунинг учун F дБ даги барча N ҳисоблашлар учун модел ва ўлчов натижалари ўртасидаги квадратик фарқларнинг йиғиндиси. Шундай қилиб ифода қуидаги кўринишини олади:

$$\delta = \sqrt{F_{min}/(N - n)}. \quad (5)$$

Бу ерда F_{min} -функционал топилган минимал (4) модел қолдиқнинг ўртача квадрат қиймати бўлиб, у $P_c(r)$ нинг ўзгариши билан унинг келишув даражасини тавсифлайди.

Функционал (4) ни қуришда логарифмик масштабдан фойдаланиш ўлчаш натижаларининг улушларини узатгичдан ҳар хил масофада тенглаштириш имконини беради. 1-расмдан кўриниб турибдики, қувват ўзгариши 105 ёки ундан кўп мартаға ошиши мумкин ва дастлабки ҳисоб-китобларда кўрсатилишича, ўзгаришнинг чизикли масштабида модел параметрларини аниқлаш катта эчимнинг бекарорлигига олиб келади.

Турли ўлчовларнинг улушларини тенглаштиришнинг яна бир усули оғирлик функцияларидан фойдаланишdir. Вазни белгилашда учта усулдан фойдаландик:

$$F_P(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{Y_i}{10\lg P_c(r_i, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)} - 1 \right]^2 = \sum_{i=1}^N [y_i - 1]^2, \quad (6)$$

$$F_Y(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) = \sum_{i=1}^N \left[1 - \frac{10\lg P_c(r_i, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)}{Y_i} \right]^2 = \sum_{i=1}^N \left[1 - \frac{1}{y_i} \right]^2, \quad (7)$$

$$F_{YP}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) = \sum_{i=1}^N \left[\sqrt{y_i} - \sqrt{1/y_i} \right]^2. \quad (8)$$

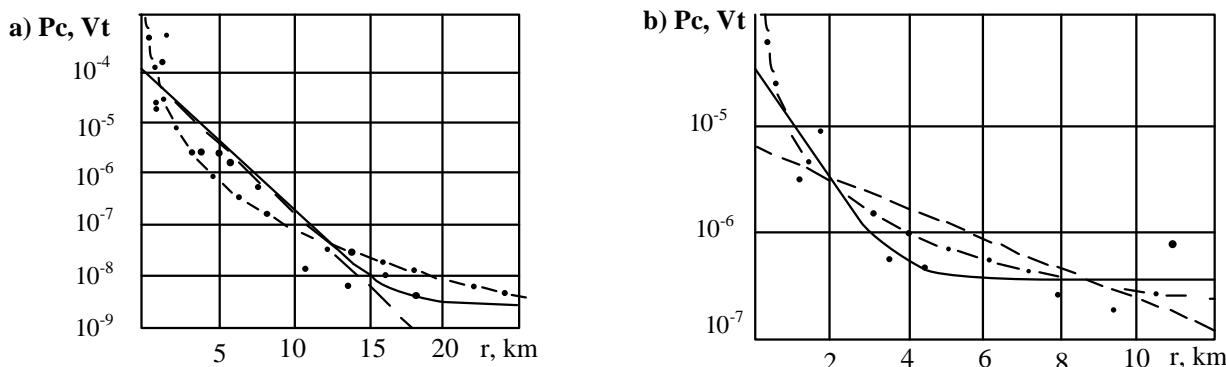
Функционал (6) да, ҳар бир нуктадаги оғиши $P_c(r_i)$ нинг назарий қийматлари билан нормаллашади, дБ билан ифодаланади ва y_i - нормализация ҳисобга олинган ҳолда экспериментал маълумотларнинг янги ҳисоблари. Ифода (7) Y_i экспериментал қийматлари оғишлиарни нормаллаштириш орқали олинади. Функционал (8) $\sqrt{Y_i P_c(r_i)}$ нинг экспериментал ва назарий қийматларига мувофиқ ўртача квадратик нормаллаштириш қиймати сифатида оғирлик функциясидан фойдаланган ҳолда қурилган.

Оғирлик функцияларининг учта вариантидан фойдаланиш Y_i тажриба маълумотларини олишда хатолар хилма-хил характерга эга бўлганлиги ва уларнинг ҳисоб-китобларга қўшган хиссаси ишончли баҳоланмаганлиги билан изоҳланади. Дарҳақиқат, З (дБ) ўлчов қабул қилгичидаги хато туфайли Y_i ни аниқлашдаги хатога қўшимча равишда, ўлчанган сигналнинг тебранишлари натижасида юзага келадиган

хатолар ҳам бор, улар ўртача даражанинг ошиши билан ортиб боради. Бундан ташқари, бизни биринчидан навбатда қабулқилгичданузоқ масофалар қизиқтиради, бу ерда сигнал даражаси рухсат этилган чегарага яқинлашади ва фазовий тўлқинлар ва бошқа бузилишлар сезиларли бўлиб, алоқанинг узилишига олиб келади. Шу сабабларга кўра, оғирлик функцияларини қўллашнинг барча учта усули сигналнинг паст даражаси билан маълумотларнинг улушкини оширади ва уни узатгичдан кичик масофадаги сигналларнинг ҳиссаси билан таққослади. Оғирлик функциясини созлаш учун муайян усулни танлаш турли хил ишлов бериш усуллари натижаларини таҳлил қилгандан кейин амалга оширилиши мумкин.

Тадқиқот натижалари. Моделлар параметрларини баҳолаш учун 2020 йил январ-феврал ойларида Ўзбекистон темир йўллари АЖ нинг 12 та участкасидан вагон лаборатория орқали олинган тажриба маълумотлари фойдаланилган. Экспериментал маълумотларни қайта ишлаш ва (1)-(3) модел параметрларини аниқлаш MathCAD пакетида (4), (6) - (8) функцияларни минималлаштириш орқали амалга оширилди. Ечимларни топишда асосий муаммо шунда бўлдики, ушбу функционал функциялар кўплаб локал экстремумга эга бўлган мураккаб шаклга эга эди ва модел параметрларини аниқлаш соҳасида глобал минимумни излаш кўплаб ҳисоблаш ишларини талаб қилди. Топилган параметрларнинг бошланғич қийматларини ҳисобга олган ҳолда градиент тушиш усулини амалга оширадиган MathCAD Minimize стандарт процедурасининг комбинациясидан фойдаланилди. Йўналтирувчи линиянинг характеристикалари қўшимча маълумотлари биланвагон лабораториянинг ўлчаш натижалари бўйича ўзаро таққослаш қулай бўлиши учун r_0 , r ва c моделларининг параметрлари ўлчов қабул қилгичининг киришидаги қаршилигига 50 Ом киритилди ва дБмкВ да тақдим этилди. b параметри орқали йўналтирилган чизиқнинг километрик сўниш α , дБ топилди:

$$\alpha = 10/(b \ln 10) = 4.343/b. \quad (9)$$



2-расм. а - Бадай-Беруний, б - Элликкалья-Тўртқўл участкаларида олинган экспериментал маълумотларнинг тахминий моделлари: (1) - чизиқли нуқта, (2) - нуқта чизиқ, (3) - узлуксиз чизиқ

2-расмда икки перегонда экспериментал маълумотларни қайта ишлашдан кейин олинган боғлиқликлар мисоллари келтирилган. Уч модел параметрларини ҳисоблаш натижалари ва фарқлар катталиги 1-жадвалда кўрсатилган.

1-жадвал

Уч модел параметрларини ҳисоблаш натижалари ва фарқлар катталиги

Перегон	Параметрлар								
	Модель (1)			Модель (2)			Модель (3)		
	r_0 , дБмкВ	γ	δ , дБ	r_0 , дБмкВ	α , дБ/км	δ , дБ	r_0 , дБмкВ	α , дБ/км	c , дБмкВ
Бадай-Беруний	99	3,3	6,2	96	2,7	5,5	99	3,4	55
Элликкалья-	84	1,3	3,0	85	1,5	4,1	91	5,4	72
									2,4

Тұртқұл

Ушбу мисоллардан, кутилганидек, (3) модел тажриба маълумотлари билан энг яхши мос келади, чунки бунинг учун δ нинг энг кичик қиймати олинган. Экспоненсиал моделлар параметрларининг қийматлари (2) ва (3) йўналтирилган линиянинг ҳақиқий хусусиятларига мос келади.

Дарҳақиқат, кўрсатмаларга мувофиқ, битта тўлқин узатгичининг ҳисобланган солиширима сусайиши $2 \div 2,5$ дБ / км ни ташкил қилади ва йўналтирилган чизикдан қабул қилувчига ўтиш пасайишини ҳисобга олган ҳолда йўналтирилган чизиқнинг қўзғалиш куввати 32 дБ ни ташкил қилади, РС-46 МЦ радиостанциясининг узатгичининг қуввати 12 Вт ни ва узатгичдан энергия узатишда йўқотишнинг умумий қийматини ҳисобга олган ҳолда йўналтирилганчилик $8 \div 16$ дБ ҳисоб-китобларга кўра, $100 \div 108$ дБмкВ дан ортиқ бўлиши мумкин эмас.

Ушбу мисоллардаги параметр минимал қабул қилинадиган сигнал даражасига яқин бўлган қийматга эга, бу узатувчи энергиясининг нисбатан катта қисмини фазовий тўлқинлар ёрдамида йўналтирилиш чизигидан ташқаридаги қабул қилувчига тарқалишини кўрсатади. Моделда α параметрининг қиймати (3) ҳисоблаш қийматини оширади, бу уни аниқлашдаги хатолар билан ва ушбу участкаларда йўналтирилган чизик бўйича носозликлар мавжудлиги билан боғлиқ бўлиши мумкин.

Маълумки, маълумотларни қайта ишлашнинг статистик моҳияти туфайли иккита мисол ўлчов натижаларини муваффакиятли изоҳлаш учун далил бўлолмайди.

Шундай қилиб, учта моделнинг ҳар бири учун ўртача дўрта барча дастлабки 12 та протоколлар учун ҳар қандай дастлабки ишловсиз ҳисоблаб чиқилган ва (1), (2) ва (3) моделлар учун ушбу тафовутлар мос равища 5.9, 5.8 ва 5.5 дБ эканлиги аниқланди. 12 тадан 8 та холатда розилик даражаси паст бўлишига қарамай, (3) моделга розилар хам бор эди. Тақдим этилган маълумотлардан кўриниб турибдики, модел (3) ўртача равища экспериментал боғлиқликни аникроқ тавсифлайди ва шунинг учун ўлчовларни талқин қилиш учун яхшироқ, шу сабабли келажакда йўналтирилган чизик параметрларини аниқлаш учун фақат ушбу модел ишлатилган.

Хатолар мухитининг метрикасини ва (6)-(8) функцияларда локал минимум ўртасидаги муносабатни ўзгартирадиган оғирлик функцияларининг симуляция натижаларига таъсирини кўриб чиқамиз. Биринчидан, ушбу функцияларни аниқлашнинг барча учта варианtlари функционал имкониятларни минималлаштириш орқали уї нормаллаштирилган экспериментал маълумотлари 1 га teng ўлчовсиз доимий билан мос келишига олиб келади, шунинг учун (5) ифода бу ҳолда ўртача квадратик нисбий тафовутни аниқлади. Иккинчидан, вазн функциялари киритилиши билан глобал максимал даражадаги позициялар ўзгаради, бу модел параметрларини аниқлашда ҳам ўзгаришларни келтириб чиқаради [11].

Моделлаштириш натижаларини таққослашда вазн функцияларини аниқлашнинг оптималь усулини аниқлаш учун, 11 та холатда, 12 та модел (3) дан ўлчовлар билан ифода (7) ва (8) дан кўра ёмонроқ эмаслиги сабабли, (6) ифодага устунлик бериш кераклиги аниқланди. Бундан ташқари, функционал қурилиш жараёнида аниқланган функциянинг назарий қийматидаги фарқларни нормаллаштириш модел параметрларини, айниқса с параметрларини аниқлашнинг барқарорлигини оширади.

Кўриниб турибдики, бу факт катта параметрлардан кучсиз сигналларнинг нисбий ҳиссасини нормаллаштириш билан боғлиқ, бу ерда С параметрини киритиш зарурлигини тушунтирадиган фазовий тўлқинлар ва бошқа шовқин бўлиши мумкин.

Энди функционал (6) дан фойдаланиб, юқорида тавсифланган усул билан олинган (3) модел параметрларини таҳлилига ўтамиз. Шартли равища $1 \div 12$ рақамлари билан белгиланган перегонлар учун 2-жадвал ушбу параметрларни ўлчов билан таққослаш учун кулай бўлган бирликларда, шунингдек, ушбу ечимга мос келадиган моделнинг нисбий номувофиқлигини кўрсатади.

Кўриниб турибиди, йўналиш параметрларининг кўзғалиш қувватини аниқлайдиган биринчи параметр r , перегонларнинг аксарияти алоқа тизимининг нормал ишлаши билан юқорида берилган диапазонга яқин қийматларга $100 \div 108$ дБмкВ эга. 1, 4, 6, 8 ва 10-перегонларда р қийматлари белгиланган диапазоннинг пастки чегарасидан 6–14 дБ га кам бўлди. Бу ишламай қолишинигохлантириши ёки йўналтирилган чизик орқали амалга оширадиган қурилмалар параметрларининг ёмонлашишини кўрсатиши мумкин. 7-перегонда р параметри аномал равишда 67 дБмкВ қийматига эга, бу йўналтирилган чизик қувват манбай қурилмаларининг аниқ носозлигини кўрсатади ва шунингдек, узатгичдан бир оз масофада "ўлик зонанинг" пайдо бўлганини операторнинг протоколдаги шарҳлари билан тасдиқланади.

2-жадвал

Перегонларда r , α , c , δ параметрларини ўлчов билан таққослаш жадвали

Перегон	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
r , дБмкВ	91	102	108	93	98	94	67	86	106	92	99	103
α , дБ/км	0,9	5,5	1,0	0,6	2,0	1,5	1,3	1,4	1,9	5,6	3,4	22
c , дБмкВ	54	63	58	52	45	44	49	72	46	72	55	82
δ , %	10	8,2	8,5	5,4	6,9	7,1	9,8	6,8	10	3,1	5,9	5,8

а моделининг иккинчи параметри йўналтирилган чизиқнинг чизиқли пасайишини ва тўлқин мосламаси симини тавсифлайди, маълумотларга кўра, у $2.0 \div 2.5$ дБ/км оралиғида бўлиши керак. Ҳисоб-китобларимиздаги 2-жадвалдан кўриниб турибиди, ушбу параметр янада кенгроқ оралиқда ўзгаради. Агар 12 перегонни жуда катта қийматга эга бўлган $\alpha = 22$ дБ/км ни истисно қилинса, еҳтимол ушбу перегонда тўлқин узатгичнинг ишламай қолиши билан боғлиқ бўлса, унинг ўртача қиймати 2,3 дБ/км бўлган $0,6 \div 5,6$ дБ/км га teng, бу тавсия етилган диапазоннинг ўртасига тўғри келади. α параметрида катта тарқалиш модел параметрларини аниқлашдаги хатолар, шунингдек, ҳар бир перегонда сигналнинг пасайишига хисса қўшадиган чизиқли қурилмаларнинг таъсири туфайли юзага келиши мумкин.

Моделнинг учинчи параметри фазовий тўлқинлар туфайли сигналларнинг тарқалиши билан боғлиқ ва йўналтиргич чизигини четлаб ўтиб, қабул қилувчига келган энергия улушини тавсифлайди. Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, йўналтиргич чизиги яхши ҳолатда бўлганида, бу энергия кам бўлади ва қабул қилинган сигналга унинг улуси 10 км дан ортиқ масофада сезилиши мумкин. 2-жадвалдан кўриниб турибиди, 11 ҳолатда с параметри ҳақиқатан ҳам рухсат этилган минимал 72 дБмкВ дан ошмайди. Йўналтирилган чизик ишламай қолганда, масалан, тўлқин мосламаси сими узилган ёки қисқа туташув юзага келган бўлса, фазовий тўлқинларнинг нурланишидаги энергия улуси сезиларли даражада ошиши керак, бу с параметрининг ошишига олиб келади. Юқорида айтиб ўтилганидек, 12-перегонда аномал равишда катта тезликдаги сўниш сабабли, йўналтирилган чизигида носозлик юзага келиши мумкин, бу ҳолда с параметр минимал қувватнинг 10 баравар қийматига эга.

Шунинг учун, "ўлик худуд" шаклида бу перегонда аниқ алоқа бузилганлиги йўқлигига қарамасдан, ҳисоб-китоб натижалари йўналтирилганчизигининг ишламай қолиши мумкинлигини кўрсатади.

Холоса. Йўналтирувчи чизиқда сигналларнинг тарқалишини тавсифлаш учун моделлардан фойдаланиш таҳлили, реал алоқа шароитида сигнал даражасини ўлчаш бўйича экспериментал маълумотлар ва гектометрли тўлқин узунлиги диапазонида поезд радио алоқа тизимларининг йўналтирувчи чизигининг параметрлари тўғрисидаги адабиётлар, ишнинг қуидаги асосий натижаларини шакллантиришга имкон берди:

- ҳолатни мониторингини автоматлаштириш ва носозликларни ташхислаш мақсадида ўлчовларни изоҳлаш учун вагон лабораторияси маълумотлари бўйича йўналтирган чизиги танланган ва модел асосли, дастлабки маълумотлар билан аниқ таққосланадиган ва учта параметрни ўз ичига олган: р - йўналтирилган чизигининг кўзгатма қуввати; а - бу унинг чизикли сусайиши; с - биринчи яқинлашишда қабулқилгичнинг киришидаги фазовий тўлқинларнинг қувватини ҳисобга оладиган параметр;

- энг кам квадратлар усули билан қурилган функционал глобал даражани қидириш асосида модел параметрларини аниқлаш усули ишлаб чиқилган; масофа ўзгарганда ўлчов натижаларига турли хил хатоларнинг кўшилишини ҳисобга олган ҳолда оғирлик функцияларини ўрнатиш усули танланди;

- қидирув параметрларининг бошлангич қийматларини ҳисоблаш билан биргаликда Minimize процедураси ёрдамида ечим излаш билан MathCAD тўпламида яратилган шарҳлаш масаласини ечиш алгоритми синовдан ўтказилди;

- Ўзбекистон темир йўллари АЖнинг 12 та перегони учун ўлчов маълумотларини талқин қилиш натижаларини таҳлил қилиш кўп ҳолатларда топилган модел параметрлари битта йўналтирилган чизигининг маълум хусусиятларига мос келишини ва амалда ишлатиладиган ҳисоб-китобларни кўрсатди; икки ҳолатда, параметр қийматлари кўрсатма чизигининг яхши ҳолати учун маълум бўлган қийматлардан сезиларли даражада фарқ қилди ва улардан бири, сигнал даражасининг кучли пасайиши ва "ўлик зонанинг" пайдо бўлиши туфайли, вагон лаборатория оператори томонидан йўналтирилганчизигини ювиш мосламаларининг носозлиги сифатида аниқланди, иккинчисини эса вагон лабораторияси маълумотларини талқин қилиш натижасида аниқланган қўлланма чизигининг мумкин бўлган носозлиги деб ҳисоблаш мумкин.

Шундай қилиб, тақдим этилган натижалар таклиф қилинган усулдан фойдаланган ҳолда вагон лаборатория томонидан олинган маълумотларга кўра ўлчовларни шарҳлаш ва йўналтирилган чизик параметрларини аниқлаш имкониятини кўрсатади. Ушбу усулни қўллаш ҳар бир босқичда параметрларнинг маълумотлар банкини тўплаш ва ўлчаш натижаларини нафакат электр узатиш линияларининг жорий ўтишини таҳлил қилиш, балки олдинги маълумотларни ҳам ҳисобга олиш имконини беради. Турли вақт нуқталари учун, шунингдек, ҳисобланган, паспорт ёки ўртacha қийматлар билан модел параметрларини таққослаш йўналтирилган чизикнинг ҳолатини ва унинг мумкин бўлган камчиликларини янада ишончли баҳолашга имкон беради.

Foydalilanigan adabiyotlar

1. Model and device for measuring the parameters of the technological radio communication network in the “on-line” mode in the signaling and communication laboratory wagon. Kurbanov Janibek Fayzullayevich; Sattarov Khurshid Abdishukurovich; Yaronova Natalya Valerovna; Xusnidinova Nazima Faxridinovna. 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351422

2. Intelligent railway transport radio communication based on neural networks. Igor Kolesnikov, Natalya Yaronova, Janibek Kurbanov and Nozima Khusnidinova. E3S Web of Conferences 264, 05044 (2021). CONMECHYDRO - 2021

3. Куприяновский В.П. и другие. Цифровая железная дорога - прогнозы, инновации, проекты // Международный журнал открытых информационных технологий. - 2016. - Т.4. - № 9. - С.34-43.

4. Шнепс-Шнаппе М.А., Куприяновский В.М. Мобильная сеть GSM-R - основа цифровой железной дороги. МГУ - Москва, с. 222-230, 2016.

5. Николаев Д.Е. Цифровая железная дорога - инновационные стандарты и их роль // Международный журнал открытых информационных технологий-2016-Т4 №10, с. 55-61.

6. Шнепс-Шнаппе М.А., Федорова Н.О., Сукинников Г.В., Куприяновский В.П. Цифровая железнодорожная дорога и переход от сети GSM-R к LTE-R и 5G-R - состоится ли? / Международный журнал Открытых Информационных Технологий-2017 Т1-№. 1. С. 71–79.
7. О судьбе железнодорожной сигнализации GSM-R / М. Снапс А. - Снеппе, Супруновский В. П., Намиот Д. Э. // Международный журнал открытых информационных технологий, 2019, № 7. С 53-59.
8. Полоса пропускания и экономика цифровой трансформации железнодорожной сигнализации и управления поездами / В.П. Супруновский, П.В. Супруновский, Н.О. Федоров, Г.В. Солонников, О.Н. Дунаев, Д.Е. Намиот // Международный журнал открытых информационных технологий, - 2017 - №3. С 117-132
9. Системы радиосвязи высокоскоростного железнодорожного транспорта / Д. Н. Роенков, П. А., Плеханов, В. В. Шматченко // Вестник результатов научных исследований - 2017 - № 3. С 57-68.
10. Основные функциональные требования к системе радиосвязи на маглеве В.В. Шматченко, Д.Н. Роенков, Н.В. Яронова. Транспортные системы и технологии 2 (2), 94-95.
11. Мобильная связь 5G / П. А. Плеханов, Д. Н. Роенков // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 5. С. 8–12.

References

1. Model and device for measuring the parameters of the technological radio communication network in the “on-line” mode in the signaling and communication laboratory wagon. Kurbanov Janibek Fayzullayevich; Sattarov Khurshid Abdishukurovich; Yaronova Natalya Valerovna; Xusnidinova Nazima Faxridinovna. 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351422
2. Intelligent railway transport radio communication based on neural networks. Igor Kolesnikov, Natalya Yaronova, Janibek Kurbanov and Nozima Khusnidinova. E3S Web of Conferences 264, 05044 (2021). CONMECHYDRO - 2021
3. Kupriyanovsky V.P. et al. Digital Railway - Forecasts, Innovations, Projects // International Journal of Open Information Technologies. - 2016. - T.4. - No. 9.- P.34-43.
4. Schneps-Schnappe M.A., Kupriyanovsky V.M. Mobile network GSM-R-the basis of digital railway. Moscow State University – Moscow, p. 222-230, 2016.
5. Nikolaev D.E. Digital railway - innovative standards and their role/ / International Journal of Open Information Technologies-2016-T4 No. 10, pp. 55-61.
6. M. A. Schneps-Schnappe, N. O. Fedorova, G. V. Sukonnikov, V. P. Kupriyanovsky, Digital railway and the transition from the GSM-R network to LTE-R and 5G-R-will it take place? / International journal of Open Information Technologies-2017 T1-No. 1. pp. 71-79
7. About the fate of railway signalling GSM-R /M. A. Snaps – Sleppe, Suprunovskiy V. P., Namiot D. E. // International Journal of Open Information Technologies, 2019, No. 7. With 53-59.
8. Bandwidth and the Economics of digital railway transformation of signaling and train control / V. P. Suprunovskiy, P. V. Suprunovskiy, N. About. Fedorov, G. V. Solonnikov, O. N. Dunaev, D. E. Namiot // International Journal of Open Information Technologies, – 2017 - №3. With 117-132
9. Radio communication systems of high-speed railway transport / D. N. Roenkov, P. A., Plekhanov, V. V. Shmatchenko / / Bulletin of the results of scientific research – 2017 - No. 3. From 57-68.
10. Basic functional requirements for the radio communication system of the maglev VV Shmatchenko, DN Roenkov, NV Yaronova. Transportation Systems and Technology 2 (2), 94-95.

11. Mobile communication 5G / P. A. Plekhanov, D. N. Roenkov / / Avtomatika, svyaz, informatika. 2019. No. 5. pp. 8-12.

Mualliflar haqida ma'lumot / Сведения об авторах / Information about the authors

Курбанов Жанибек Файзуллаевич - д.т.н., доцент, зав. каф., кафедра «Автоматика и телемеханика», Ташкентский государственный транспортный университет. E-mail: jonik_piter@mail.ru

Хуснидинова Нозима Фахидин қизи –докторант, кафедра «Автоматика и телемеханика», Ташкентский государственный транспортный университет. E-mail: bahorim_92@mail.ru

Kurbanov Janibek Fayzullaevich - DSc, Associate Professor, head of department of "Automation and Telemechanics", Tashkent State Transport University, Tashkent. E-mail: jonik_piter@mail.ru

Khusnidinova Nozima Fakhridin kizi - basic doctoral student, Department of "Automation and Telemechanics" Tashkent State Transport University, Tashkent. E-mail: bahorim_92@mail.ru

Курбонов Жанибек Файзуллайевич - техника фанлари доктори, доцент, Тошкент давлат транспорт университети “Автоматика ва телемеханика” кафедраси кафедра мудири. E-mail: jonik_piter@mail.ru

Хуснидинова Нозима Фахидин қизи – Тошкент давлат транспорт университети “Автоматика ва телемеханика” кафедраси таянч доктаранти. E-mail: bahorim_92@mail.ru