

Установа адукацыі
«Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт
імя Максіма Танка»

Аб'ект аўтарскага права
УДК 811.161.3'322.6+004.934.8

ЗЯНОЎКА
Яўгенія Сяргееўна

**ЛІНГВААКУСТЫЧНЫЯ РЭСУРСЫ
ДЛЯ БЕЛАРУСКАМОЎНЫХ СІСТЭМ СІНТЭЗУ
МАЎЛЕННЯ: ФАРМІРАВАННЕ, ПРАГМАТЫЧНЫ
ПАТЭНЦЫЯЛ, СПАСАБЫ АПТЫМІЗАЦЫІ**

Аўтарэферат
дысертацыі на саісканне вучонай ступені
кандыдата філалагічных навук

па спецыяльнасцях 10.02.01 – беларуская мова,
10.02.21 – прыкладная і матэматычная лінгвістыка

Мінск, 2025

Работа выканана ў ДНУ «Цэнтр даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі»

Навуковы кіраўнік:

Русак Валянціна Паўлаўна,
доктар філалагічных навук, дацэнт,
загадчык аддзела сучаснай беларускай
мовы ДНУ «Цэнтр даследаванняў
беларускай культуры, мовы і літаратуры
Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі»

Афіцыйныя апаненты:

Іваноў Яўген Яўгенавіч, доктар
філалагічных навук, прафесар,
загадчык кафедры тэарэтычнай і
прыкладной лінгвістыкі
УА «Магілёўскі ўніверсітэт імя
А. А. Куляшова»

Лістратава Вольга Канстанцінаўна,
кандыдат філалагічных навук, дацэнт
кафедры іншамовных маўленчых
зносін УА «Мінскі дзяржаўны
лінгвістычны ўніверсітэт»

Апаніруючая арганізацыя:

УА «Гродзенскі дзяржаўны ўніверсітэт
імя Янкі Купалы»

Абарона адбудзецца 7 мая 2025 года ў 12:00 гадзін на пасяджэнні савета па абароне дысертацый Д 02.21.01 пры ўстанове адукацыі «Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка» па адрасе: 220030, г. Мінск, вул. Савецкая, 18, аўд. 482; e-mail: chuhanova@mail.ru; тэлефон вучонага сакратара: 311-20-61.

З дысертацыяй можна азнаёміцца ў бібліятэцы ўстановы адукацыі «Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт імя Максіма Танка».

Аўтарэферат разасланы 7 красавіка 2025 года.

Вучоны сакратар савета
па абароне дысертацый

А. В. Чуханава

УВОДЗІНЫ

У сучаснай навуцы вялікая ўвага надаецца міждысцыплінарным даследаванням. Сярод дасягненняў камп'ютарнай лінгвістыкі выдзяляюцца створаныя намаганнямі вучоных розных галін сістэмы сінтэзу і распазнавання маўлення новага пакалення, якія ажыццяўляюць камунікацыю паміж чалавекам і камп'ютарам з дапамогай голасу. Такія тэхналогіі маюць шырокі патэнцыял, пра што сведчыць значная колькасць сістэм сінтэзу маўлення па тэксце (ССМТ) для розных моў. Кланіраванне натуральнага маўлення пры агучванні машыннымі сродкамі дазваляе ўспрымаць штучную мову як аб'ект спецыяльнага даследавання.

Нягледзячы на многія станоўчыя дасягненні ў галіне айчынных маўленчых тэхналогій, праблема якаснага сінтэзу маўлення застаецца распрацаванай толькі часткова, паколькі шэраг алгарытмаў, а таксама неабходныя для сінтэзу маўлення лінгвістычныя рэсурсы з'яўляюцца мовазалежнымі і недастаткова распрацаванымі для беларускай мовы. Найбольш вядомай лічыцца сістэма «Мультифон-4», на базе якой створана інтэрнэт-версія беларускамоўнага сінтэзатара маўлення па тэксце (БСМТ). Адзначым, што пакуль і ў сістэме адсутнічае адзінства ўзаемазвязаных кампанентаў маўлення, уласцівых жывому выказванню (мелодыка, інтэнсіўнасць, працягласць, тэмп, тэмбр). Гэта ўплывае як на якасць штучнага агучвання, так і перашкаджае стварэнню высокатэхналагічных нацыянальных прадуктаў. Вартасць праведзенага даследавання абумоўлена комплекснай распрацоўкай лінгваакустычных рэсурсаў, якія забяспечваюць перадачу інтанацыйных асаблівасцей беларускай мовы ў штучных сістэмах. Разгляд фанетычных і прасадыхных характарыстык маўлення як адзінага цэлага ў сукупнасці з камп'ютарнымі тэхналогіямі спрыяе стварэнню моўных і маўленчых рэсурсаў, служыць ажыццяўленню канвертацыі ўваходнага тэксту ў якаснае маўленне.

Актуальнасць работы пацвярджаецца ўключанасцю даследавання ў кантэкст прыярытэтных напрамкаў гуманітарнага развіцця сучаснай айчыннай навукі. Укараненне перадавых эксперыментальна-фанетычных метадаў у мовазнаўчыя распрацоўкі дапамагае ствараць механізмы і сродкі для дасканалых функцыянавання прасадыхнага працэсара ў машынных сістэмах, дзе інтанацыя адказвае за якасную арганізацыю маўлення. Актуальнасць даследавання вызначаецца практычнай скіраванасцю на аптымізацыю лінгваакустычных рэсурсаў (ЛАР) беларускай літаратурнай мовы для існуючых БСМТ. Галоўнымі характарыстыкамі ЛАР выступаюць акустычныя і рытміка-меладычныя кампаненты маўлення, камп'ютарная форма іх прадстаўлення і

прыкладное аўдыявізуальнае ці аўдыялінгвальнае выкарыстанне. Пакрокавае выкананне актуальных задач па фарміраванні, сістэматызацыі і машынай апрацоўцы эталоннай лінгваакустычнай базы даных (ЛАБД) дазваляе правесці ўбудаванне лінгваакустычных рэсурсаў у існуючыя БСМТ для паляпшэння якасці функцыянавання прасадычнага працэсара і магчымасці распрацоўкі сістэм сінтэзу маўлення новага пакалення.

АГУЛЬНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА РАБОТЫ

Сувязь работы з навуковымі праектамі (праграмамі), тэмамі.

Дысертацыя выканана ў аддзеле сучаснай беларускай мовы ДНУ «Цэнтр даследаванняў беларускай культуры, мовы і літаратуры Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» ў межах дзяржаўнай праграмы навуковых даследаванняў «Эканоміка і гуманітарнае развіццё беларускага грамадства (Беларуская мова і літаратура)» на 2016–2020 гг. у рамках задання «Даследаванне лексікі і граматычнага ладу беларускай мовы: гісторыя і сучаснасць».

Мэта даследавання – сфарміраваць і аптымізаваць лінгваакустычныя рэсурсы ў сістэмах сінтэзу маўлення з улікам рытміка-меладычнай структуры беларускай літаратурнай мовы.

На дасягненне пастаўленай мэты накіравана вырашэнне наступных **задач**:

- прааналізаваць рытміка-інтанацыйныя асаблівасці сучаснага літаратурнага маўлення і адзначыць праблемныя аспекты перадачы беларускай прасоды ў сістэмах сінтэзу маўлення;
- правесці інструментальную праграмную апрацоўку запісаных інтанацыйных мадэлей у складзе лінгваакустычнай базы даных, якая паслужыць асновай беларускамоўнага модуля «IntonTrainer» і прасадычнага працэсара СМТ;
- выявіць заканамернасці сінтагматычнага дзялення беларускага маўлення, на падставе чаго распрацаваць і прымяніць фармальныя правілы і алгарытмы па аўтаматычнай дэлімітацыі тэкстаў;
- рэалізаваць у сінтэзатары маўлення прасадычныя з’явы інтанацыі, адлюстраваныя ў лінгваакустычнай базе даных, і правесці аптымізацыю БСМТ.

Аб’ект даследавання – лінгваакустычныя рэсурсы ў складзе беларускамоўных камп’ютарных сістэм з галасавым кампанентам.

Прадметам даследавання выступае камп’ютарная апрацоўка суперсегментных сродкаў арганізацыі маўлення, якія перадаюць рытміка-інтанацыйную структуру сучаснай беларускай літаратурнай мовы.

Матэрыялам для даследавання паслужыла 1000 камунікатыўна-сінтаксічных адзінак (сказаў-ілюстрацый), атрыманых метадам суцэльнай і мэтавай выбаркі з твораў пісьменнікаў, змешчаных у выданні «Беларуская літаратурная спадчына» і слоўніку І. Я. Лепешава «Фразеалагічны слоўнік беларускай мовы». Фактычны матэрыял выкарыстаны прыкладна ў аднолькавым памеры для модуляў, якія загружаюцца ў розныя сістэмы: 350 адзінак – для тэсціравання БСМТ; 300 – для стварэння беларускамоўнага модуля па даследаванні інтанацыйных асаблівасцей у праграмным комплексе «IntonTrainer»; 350 – для распрацоўкі алгарытму па вызначэнні інтанацыйных меж сінтагм у праграмным комплексе NooJ. Такая колькасць з’яўляецца рэпрэзентатыўнай не толькі для эфектыўнай работы кожнага з модуляў, але і з перспекывай саманавучання праграм.

Метады даследавання. У рабоце выкарыстоўваліся апісальны і эксперыментальна-фанетычныя метады вывучэння адметных рыс беларускага маўлення (асцылаграфія, што дазваляе вызначыць працягласць, частату, інтэнсіўнасць гука, а таксама спектраграфія, якая дае агульны акустычны малюнак гука), параўнальны метад пры даследаванні прасадычных і сегментных асаблівасцей маўлення; прыменены прыёмы колькасных падлікаў.

Навуковая навізна дысертацыйнага даследавання заключаецца ў камп’ютарнай апрацоўцы прасадычных характарыстык беларускай літаратурнай мовы, якія атрыманы з прымяненнем сучасных праграм Sony Sound Forge, Praat, PitchPlotter і праграмага комплексу «IntonTrainer». Праведзены комплексны аналіз дазволіў вызначыць тыпы меладычных партрэтаў сказаў, якія характарызуюць інтанацыйныя канструкцыі беларускай мовы; рытміка-інтанацыйныя параметры, якія ўключаюць сістэму павышэнняў і паніжэнняў частаты асноўнага тону, дыяпазону голасу і рэгістра ЧАТ, тэмп і інтэнсіўнасць маўлення; класіфікацыю міжфразавых і міжсінтагменных паўз.

Упершыню ў айчынным мовазнаўстве з апорай на сучасныя камп’ютарныя тэхналогіі распрацаваны лінгваакустычныя рэсурсы, якія характарызуюць прасадычную арганізацыю беларускай мовы ў складзе сістэм сінтэзу маўлення. Новай выступае прымененая метадыка даследавання і працэдураная арганізацыя спецыяльных міжгаліновых ведаў – лінгвістычных асноў беларускай прасодыі і камп’ютарных тэхналогій штучнага маўлення. Гэта дазволіла вызначыць тыповыя інтанацыйныя мадэлі сінтагм для беларускамоўных сістэм сінтэзу маўлення. Іх прадстаўленне ў БСМТ адкрывае магчымасці для паляпшэння функцыянальнай якасці сістэм, яе пастаяннага тэсціравання і збору новых лінгвістычных рэсурсаў. Праведзеная праца па выдзяленні сінтагм аўтаматызавана на базе праграмы NooJ, з дапамогай якой

распрацавана сінтаксічная граматыка для аўтаматычнай экстракцыі тыпаў сінтагм. Спалучэнне камп'ютарнай дэлімітацыі сінтагм і тыповых інтанацыйных мадэлей спрыяе атрыманню выразнага штучнага маўлення, набліжанага да ўзорнага літаратурнага.

Упершыню створаны беларускамоўны прасадычны модуль для праграмнага комплексу «IntonTrainer», у аснову якога пакладзена аўтарская лінгваакустычная база даных. Яна ўключае неабходны набор эталонных фраз, якія адлюстроўваюць інтанацыйныя асаблівасці мовы з пункту погляду сінтаксічнай структуры сказа, эмацыянальнай афарбоўкі, колькаснага складу сінтагм у сказе, а таксама колькасныя і якасныя вынікі аналізу інтанацыйных параметраў сучаснай беларускай літаратурнай мовы.

Палажэнні, якія выносяцца на абарону.

1. Суперсегментныя сродкі сучаснай беларускай літаратурнай мовы з'яўляюцца вызначальнымі кампанентамі арганізацыі рытміка-меладычнай структуры як натуральнага, так і штучнага маўлення. Праблемныя аспекты перадачы беларускай прасоды ў сістэмах сінтэзу маўлення сведчаць пра неабходнасць распрацоўкі моўных сродкаў і механізмаў удасканалення прасадычнага працэсара БСМТ, у якім адсутнічаюць такія інтанацыйныя кампаненты, як мелодыка, тэмп, інтэнсіўнасць, паўзацыя. Аўтарская метадыка адбору і комплекснай машынай апрацоўкі лінгвістычнага матэрыялу, распрацоўка лінгваакустычных рэсурсаў для такіх сістэм, а таксама пашырэнне іх функцыянальнасці з дапамогай фармальных рэгулярных правілаў і алгарытмаў, перададзеных праз натуральную мову, накіраваны на паляпшэнне якасці штучнага гучання ў сістэмах сінтэзу маўлення.

2. Створаная лінгваакустычная база даных дазваляе вызначыць акустычныя і рытміка-меладычныя асаблівасці маўлення для ўспрымання штучным інтэлектам. Праведзеная праграманая апрацоўка агучанага матэрыялу адлюстроўвае інтанацыйныя параметры літаратурнага маўлення, прыдатныя для ўбудавання ў камп'ютарныя сістэмы. Распрацаваны беларускамоўны модуль «IntonTrainer» прапаноўвае тыповыя інтанацыйныя мадэлі, якія вызначаны з улікам сінтаксічнай структуры і камунікатыўнага тыпу сказаў, знакаў прыпынку і іх эмацыянальнай афарбаванасці. «IntonTrainer» дазваляе адначасова праводзіць дадатковы аналіз прасадычных характарыстык маўлення і ўдасканальваць вусна-маўленчыя навыкі карыстальнікаў.

3. Лакалізацыя інтанацыйных меж у агучаным тэксце з'яўляецца адной з галоўных праблем прасадычнага працэсара ў любой камп'ютарнай сістэме з акустычным кампанентам. Выяўленыя заканамернасці сінтагматычнага падзелу беларускага маўлення грунтуюцца на сэнсавым,

сінтаксічным і інтанацыйным адзінстве сінтагм і іх граматычнай спалучальнасці з іншымі маўленчымі элементамі ў сказе. Прымененая дыферэнцыяцыя семантыка-сінтаксічнай структуры сказа дазваляе класіфікаваць міжфразавыя і міжсінтагменныя паўзы, якія выконваюць ролю адзінага сродку дэлімітацыі штучнай маўленчай плыні. Паслядоўная камп'ютарная апрацоўка сінтагм (пунктуацыйных, лексіка-граматычных, лексічных), праведзеная з улікам правіл сінтаксічнай сувязі слоў і іх інтанацыйнага адзінства ў сказах, дазваляе скласці фармальныя правілы і алгарытмы для камп'ютарнай сегментацыі маўлення.

4. Аўтаматычная дэлімітацыя тэкстаў здольна вызначаць сінтаксічную цэласнасць інтанацыйна-сэнсавых адзінак і фарміраваць тыповыя для беларускай прасоды меладычныя контуры сінтагм. Устанаўленне інтанацыйных мадэлей штучнага маўлення ажыццяўляецца на аснове правільнай інтанацыйнай разметкі і праграмнай маркіроўкі сказаў. Сфарміраваная лінгваакустычная база даных у сістэме спецыяльных камп'ютарных праграм з галасавым кампанентам садзейнічае аптымізацыі іх працы, паляпшэнню якасці і выразнасці гучання. ЛАБД служыць мэтам навучання ўзорнай інтанацыі і выступае крыніцай факталагічнага матэрыялу для новых міждысцыплінарных даследаванняў.

Асабісты ўклад саіскальніка вучонай ступені ў вынікі дысертацыі з аддзяленнем іх ад суаўтараў сумесных даследаванняў і публікацый.

Палажэнні і вывады дысертацыйнага даследавання атрыманы аўтарам самастойна і з'яўляюцца вынікам аналізу значнага фактычнага матэрыялу. Публікацыі па тэме дысертацыі па філалагічным аспекце даследавання напісаны без суаўтараў. Па тэхнічным аспекце матэрыялы прадстаўлены ў суаўтарстве. У сумесных працах калегі Ю. С. Гецэвіч, Д. І. Латышэвіч, М. В. Супрунчук, В. В. Дыдо, А. А. Бакуновіч правялі агляд праблемнага поля стварэння алгарытмаў і метадаў апрацоўкі тэкставай інфармацыі, удакладнілі тэхнічныя аспекты перадачы прасоды беларускай мовы ў камп'ютарных сістэмах з галасавым кампанентам, прапанавалі падыходы машыннага навучання нейронных сетак. Асноўны ўклад аўтара заключаецца ў распрацоўцы і апісанні моўных і маўленчых рэсурсаў, якія адлюстроўваюць прасадычныя характарыстыкі беларускай літаратурнай мовы, заканамернасці інтанацыйнага дзялення сэнсаво-рытмічных адзінак выказвання і вызначэнні іх меж на семантыка-сінтаксічным узроўні. У сумесным з Б. М. Лабанавым артыкуле, прысвечаным беларускамоўнаму модулю «Intontrainer», асноўны ўклад належыць аўтару дысертацыі пры апісанні падрыхтаваных матэрыялаў ЛАБД і асаблівай прыманення модуля ў навучанні інтанацыі беларускай мовы.

Апрабацыя дысертацыі і інфармацыя аб выкарыстанні яе вынікаў.

Асноўныя палажэнні і вынікі дысертацыйнага даследавання прайшлі апрабацыю на наступных канферэнцыях: Міжнародная навуковая канферэнцыя «Беларуская граматыка: ад Браніслава Тарашкевіча да сучаснасці» (Мінск, 2017 г.); Міжнародная навукова-тэхнічная канферэнцыя «Адкрытыя семантычныя тэхналогіі праектавання інтэлектуальных сістэм» (Мінск, 2017 г.; 2019 г.; 2020 г.); I Рэспубліканская, II, III, IV, VII Міжнародныя навукова-практычныя канферэнцыі «Лінгвістыка, лінгвадыдактыка, лінгвакультуралогія: актуальныя пытанні і перспектывы развіцця» (Мінск, 2017 г.; 2018 г.; 2019 г.; 2020 г.; 2023 г.); IX Міжнародная навукова-практычная канферэнцыя «Бібліятэка ў XXI стагоддзі: моладзь у навуцы» (Мінск, 2017 г.); X Міжнародная навукова-практычная канферэнцыя «Бібліятэка ў XXI стагоддзі: лічбавая рэальнасць» (Мінск, 2018 г.); XI Міжнародная навукова-практычная канферэнцыя «Бібліятэка ў XXI стагоддзі. Вектар развіцця: рэцэсія, стагнацыя або станоўчая дынаміка» (Мінск, 2019 г.); 82-я, 83-я навукова-тэхнічныя канферэнцыі прафесарска-выкладчыцкага складу, навуковых супрацоўнікаў і аспірантаў (з міжнародным удзелам) «Грамадскія і гуманітарныя навукі» (Мінск, 2018 г.; 2019 г.); V Міжнародная навукова-практычная канферэнцыя «Актуальныя праблемы гуманітарнай адукацыі» (Мінск, 2018 г.); II Міжнародная навуковая канферэнцыя «Беларуска-італьянскае культурнае ўзаемадзеянне і праблема захавання нацыянальнай ідэнтычнасці: гістарычны вопыт і сучасныя праблемы» (Мінск, 2020 г.); Першы Міжнародны навуковы кангрэс «Беларуская мова – галоўная гісторыка-культурная каштоўнасць нацыі і дзяржавы» (да 90-годдзя Інстытута мовазнаўства імя Якуба Коласа) (Мінск, 2020 г.); 15-я, 16-я, 17-я Міжнародныя канферэнцыі Нудж (Францыя, 2021 г.; Аргенціна, 2022 г.; Чэхія, 2023 г.).

Матэрыялы даследавання ўкаранёны ў навуковы працэс Аб'яднанага інстытута праблем інфарматыкі НАН Беларусі (2018 г.; 2023 г.) і вучэбны працэс кафедры камп'ютарнай лінгвістыкі і лінгвадыдактыкі факультэта сацыякультурных камунікацый Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта (2018 г.).

Апублікаванасць вынікаў даследавання. Вынікі даследавання адлюстраваны ў 21 публікацыі аўтара, у тым ліку ў 4 артыкулах (3,23 аўт. арк.) у часопісах, уключаных у пералік навуковых выданняў Рэспублікі Беларусь для апублікавання вынікаў дысертацыйнага даследавання; у 3 артыкулах у замежных навуковых выданнях, якія ўваходзяць у адзіную бібліяграфічную і рэфератыўную базу Scopus (1,5 аўт. арк.); у 13 артыкулах (3,39 аўт. арк.) і 2 тэзісах (0,18 аўт. арк.) у зборніках матэрыялаў навуковых канферэнцый. Агульны аб'ём публікацый складае 8,3 аўт. арк.

Структура і аб’ём дысертацыі. Дысертацыйная работа складаецца са зместу, пераліку ўмоўных абазначэнняў, асноўных тэрмінаў і паняццяў, якія выкарыстоўваюцца ў дысертацыі, з уводзін, агульнай характарыстыкі работы, трох глаў з высновамі па кожнай з іх, заключэння, спіса выкарыстаных крыніц, які ўключае бібліяграфічны спіс (211 пазіцый) і спіс публікацый саіскальніка (22 пазіцыі). Дысертацыя мае 7 дадаткаў. Агульны аб’ём даследавання складае 238 старонак, у тым ліку асноўны тэкст – 128 старонак (з іх 33 рысункі займаюць 13 старонак), бібліяграфічны спіс – 22 старонкі, дадаткі А–Ж – 86 старонкі.

АСНОЎНЫ ЗМЕСТ ДЫСЕРТАЦЫІ

Ва **Уводзінах** абгрунтоўваецца актуальнасць даследавання лінгваакустычных рэсурсаў для беларускамоўных сістэм сінтэзу маўлення, раскрываецца ступень асвятлення праблемы ў работах навукоўцаў, указваюцца прымененыя ў рабоце метады і прыёмы інтэрпрэтацыі моўных фактаў.

У першай главе «**Інтанацыя беларускай мовы і сістэмы сінтэзу маўлення**», якая складаецца з 2 раздзелаў і 5 падраздзелаў, праведзены аналітычны агляд навуковай літаратуры па тэме дысертацыі, вызначана ступень вывучанасці праблемы. Прааналізаваны інтанацыйныя асаблівасці беларускай літаратурнай мовы, функцыянаванне сістэм сінтэзу маўлення па тэксце і апісаны праблемы паляпшэння якасці іх гучання.

У першым раздзеле «**Тэарэтычныя асновы вывучэння інтанацыі**» прадстаўлены аналіз навуковай літаратуры ў галіне інтанацыйных даследаванняў і штучнага інтэлекту, які дазволіў зрабіць высновы аб меладычнай будове маўлення і ролі інтанацыі ў камунікатыўным жыцці грамадства. Вялікая колькасць прац прысвечана акустычным асаблівасцям гукавой сістэмы рускай (Р. І. Аванесаў, Л. В. Бандарка, С. В. Кадзасаў) і беларускай (А. І. Падлужны, П. В. Садоўскі, А. М. Андрэеў) моў, а таксама фаналагічным уласцівасцям і структурным характарыстыкам інтанацыі, і яе функцыям у камунікацыі (А. І. Багмут, Г. А. Мятлюк, Т. М. Нікалаева, І. Р. Тарсуева, Л. Ц. Выгонная). Аўтары надаюць інтанацыйным і акцэнтным аспектам маўлення асноўную ўвагу ў фарміраванні сэнсу выказвання. Адзначаецца, што ХХІ ст. характарызуецца правядзеннем унікальных даследаванняў, звязаных з засваеннем фаналагічнай сістэмы мовы пры норме і паталогіі слыху (Н. С. Еўчык, Л. У. Лапаціна), са спецыфікай функцыянавання прасадычных характарыстык тэрытарыяльнага беларускага маўлення

(В. І. Курацёва, Т. Р. Рамза), з нарматыўным апісаннем фанетычнай сістэмы беларускай літаратурнай мовы (В. П. Русак, В. А. Мандзік, Г. К. Чахоўскі).

У раздзеле разглядаюцца інтанацыйныя кампаненты (мелодыка, інтэнсіўнасць, паўзы, тэмп і тэмбр голасу), кожнаму з іх уласцівы асаблівасці, звязаныя з рытмічным ладам маўлення, канструктыўна-сінтаксічнай і камунікатыўна-сінтаксічнай структурай мовы, члянэннем маўленчай плыні на разнастайныя адзінкі і распазнаваннем камунікатыўнай значнасці элементаў выказвання. Асвятляюцца пытанні інтанацыйнага дзялення сэнсава-рытмічных адзінак выказвання, расстаноўкі меж акцэнтных адзінак, члянэння тэксту на мінімальныя сэнсавыя адзінкі ў залежнасці ад канкрэтнай сітуацыі, камунікатыўнай накіраванасці і ўзаемадзеяння адрасата і адрасанта, дзе ў якасці сэнсавых адзінак выступаюць сінтагмы.

Другі раздзел «Перспектывы распрацоўкі і прымянення сістэм сінтэзу маўлення» прысвечаны аналізу сістэм сінтэзу маўлення з адлюстраваннем метадаў ацэнкі якасці сінтэзаванага маўлення (Б. М. Лабанаў, Л. І. Цырульнік, Ю. С. Гецэвіч). Увага акцэнтуюцца на сістэмах для розных моў і абгрунтаванасцю іх выкарыстання ў разнастайных сферах дзейнасці. Якасць сінтэзу маўлення павінен суправаджацца вылучэннем інфармацыі, якая неабходна для задання прасадычных характарыстык штучным маўленчым сігналам, дзе сінтагма выступае ў ролі мінімальнай самастойнай інтанацыйнай адзінкі. Цэласнасць сінтагмы ў маўленчай плыні характарызуецца артыкуляцыйнай аформленасцю і семантыка-сінтаксічнай звязанасцю ўсіх элементаў.

Устанаўліваецца, што прадстаўленая інтэрнэт-версія беларускамоўнага сінтэзатара дэманструе невысокі ўзровень якасці штучнага агучвання, паколькі ў сістэме адсутнічае інтанацыйны блок прасадычнага працэсара, што перашкаджае стварэнню нацыянальных прадуктаў. Ён патрабуе значнай дапрацоўкі, пачынаючы з недасканаласці алгарытмаў нармалізацыі тэкстаў, няпоўнай распрацаванасці інтанацыйнай апрацоўкі і заканчваючы здольнасцю сістэм да самастойнага папаўнення лінгвістычных рэсурсаў і ўніверсалізацыі шляхоў аўтаматычнага аналізу зместу тэкстаў. Стварэнне аўтарскай лінгваакустычнай базы даных, у якой інтанацыя адказвае за зразумелае і выразнае маўленне, палепшыць якасць штучнага гучання.

Другая глава «Лінгваакустычныя рэсурсы як складнік камп'ютарных сістэм з акустычнымі кампанентамі» складаецца з 2 раздзелаў і 4 падраздзелаў. Яна прысвечана разгляду лінгваакустычных рэсурсаў, метадыцы іх збору, сістэматызацыі і камп'ютарнай апрацоўцы, што дазваляе атрымаць вывераныя колькасныя параметры інтанацыйных кампанентаў.

Першы раздзел «Патэнцыял выкарыстання лінгваакустычных рэсурсаў» характарызуе ЛАР у складзе лінгваакустычнай базы даных. Яны ўяўляюць сабой электронны корпус вуснага маўлення, прадстаўлены ў выглядзе аўдыяфайлаў з сінхранізаванымі расшыфроўкамі сказаў-ілюстрацый, якія ўдзельнічаюць у інфармацыйным абмене. Даныя асцылаграфічнага, спектральнага і графічнага аналізу атрыманы з дапамогай лічбавай апрацоўкі матэрыялу камп'ютарнымі праграмамі (Sony Sound Forge, Praat, Pitch Plotter і «IntonTrainer») для дакладных звестак інтанацыйных асаблівасцей беларускага маўлення. Праграмы выкарыстоўваюцца для параўнальнай характарыстыкі і выяўлення галасавых адметнасцей, у прыватнасці, мелодыкі выказвання, якая адлюстроўвае частату асноўнага тону, бягучую змену працягласці гукаў і паўз, а таксама змяненне інтэнсіўнасці маўлення і амплітуды голасу.

У другім раздзеле «Фарміраванне сістэматызаваных лінгваакустычных рэсурсаў беларускай літаратурнай мовы» разглядаюцца асаблівасці апрацоўкі тэкставага і гукавога матэрыялу (650 сказаў), сістэматызацыі і фарміравання эталонных інтанацыйных канструкцый для лінгваакустычнай базы даных беларускай літаратурнай мовы ў сістэмах сінтэзу маўлення. Аўтарская стратэгія даследавання базіруецца на ўзаемадзеянні прасадых і сінтаксічных адзінак мовы пры іх функцыянаванні ў маўленні. Гэта абумоўлівае дваісты характар апісання кожнай дыскрэтнай адзінкі і патрабуе апрацоўкі ўваходнага тэксту па акустычным і сінтаксічным параметрах.

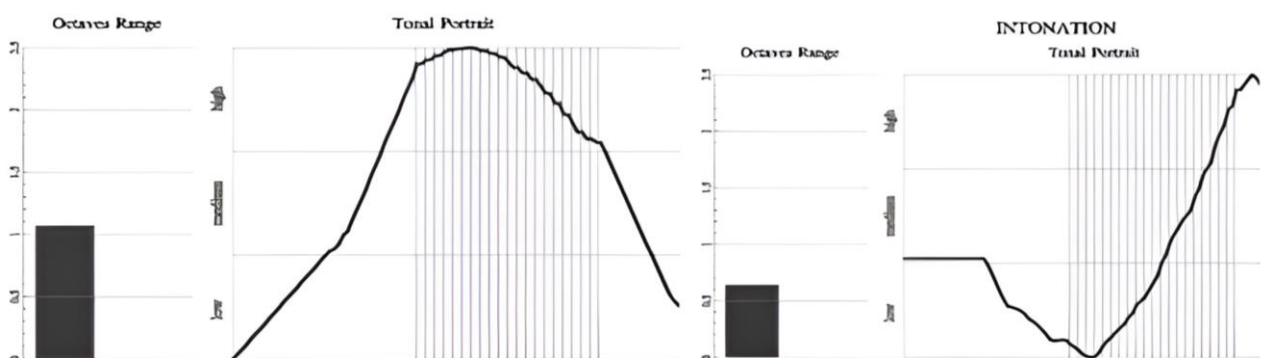
Прадстаўленая ЛАБД для БСМТ складаецца са сказаў з адной, двума і больш сінтагмамі, дзе адлюстраваны розныя тыпы інтанацыі: апавядальны (завершанасці / незавершанасці), пыталыны, клічны і камбінаторныя варыянты інтанацыйных тыпаў. Інтанацыя завершанасці ўжываецца ў простых апавядальных сказах з адной сінтагмай. У вусным маўленні ў такіх сказах выкарыстоўваецца сыходны меладычны тон. Яны вымаўляюцца спакойна і роўна, голас павышаецца на адным з членаў сказа (ядзерным) і паніжаецца ў канцы сказа. Інтанацыя незавершанасці выяўляецца ў сінтагмах для перадачы няскончанага выказвання; у складаназалежных сказах з прэпазіцыяй галоўнай часткі, адзначаючы незавершанасць выказвання з мэтай узмацнення сэнсавай сувязі паміж галоўнай і залежнай часткамі; у альтэрнатыўных пытаннях са злучнікамі, дзе першая частка вымаўляецца інтанацыяй незавершанасці, другая – інтанацыяй завершанасці. Інтанацыя незавершанасці часцей за ўсё характарызуецца ўзыходнай і ўзыходна-сыходнай мелодыкай, а ў пісьмовай форме перадаецца праз асобныя знакі прыпынку.

Пытальная інтанацыя выкарыстоўваецца ва ўсіх відах пыталыхых сказаў, у тым ліку ў складаных пытаннях, якія характарызуюцца інтанацыяй

незавершанасці ў першай частцы і пыталнай інтанацыяй у другой, а таксама ў пытална-клічных сказах. Мелодыка пыталнага сказа з пыталным словам у цэлым сыходная з двума цэнтрамі – павышэннем на націскным складзе пыталнага слова і пераломам – паніжэннем на апошніх складах. У параўнанні з інтанацыяй апавядальных сказаў, у пыталных сказах з пыталным словам узмоцнены пачатак сказа, а канцавы галосны можа быць не выдзелены. Павышэнне тону на націскным складзе і паніжэнне на паслянаціскных складах адзначаецца ў сказах без пыталнага слова. У падобных пытаннях мелодыка націскных складоў узыходная. У пыталных сказах са злучнікам [а] ўжываецца сыходна-ўзыходны меладычны тон, дзе пад’ём можа адбывацца на націскным складзе без канчатковага падзення ці ўзыходна-сыходны тон, дзе павышэнне голасу адзначаецца на першым галосным [а].

У пабуджальных і клічных сказах ужываецца клічная інтанацыя, якая перадае розныя эмацыянальныя адценні. Як правіла, дадзены тып прадстаўлены ўзыходна-сыходнай мелодыкай з двума ядзернымі цэнтрамі, дзе павышэнне голасу адбываецца на першым ядзерным складзе, а падзенне – на наступным ядзерным складзе. Аднак сустракаюцца сказы з сыходна-ўзыходным рухам тону, што залежыць ад мэты, мадальнасці і экспрэсіўнасці выказвання.

Параўнанне агучаных сказаў рознай сінтаксічнай структуры, адабраных для ЛАБД, паказвае, што ў мове выдзяляецца 7 інтанацыйных канструкцый (ІК). Яны характарызуюцца кірункам тону на ядзерным цэнтры (націскным слове сінтагмы) і суадносінамі ўзроўняў тонаў частак ІК, а таксама працягласцю ядзернага цэнтры, ўзмацнення слоўнага націску на ім і наяўнасці / адсутнасці змычкі галасавых звязак у канцы вымаўлення галоснага ў цэнтры ІК, які ўспрымаецца як рэзкі перапынак гучання. Так, ІК-4, ІК-5 маюць прыкладна аднолькавыя колькасныя параметры, рэалізаваныя ў пыталным сказе *Ці я табе не бацька?* √Ці+ я табе= не √ба+цька || (ІК-4) і клічным сказе *Які ж у яго голас!* √Які+ ж у яго= √го+лас || (ІК-5) (рысунак 1).

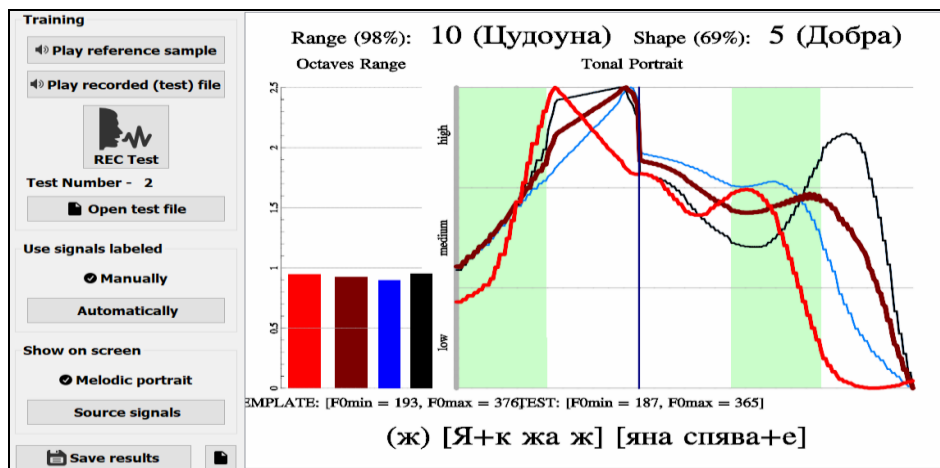


Рысунак 1 – Меладычныя контуры тонаў у пыталным сказе (ІК-4) (справа) і ў клічным сказе (ІК-5) (злева)

Макс. частата асноўнага тону (ЧАТ) у першым сказе дасягае 312 Гц на апошнім слове (*ба+цэка*), а мін. ЧАТ – 210 Гц (на слове *табе=*) з дыяпазнам голасу ў 261.5 Гц, рэгістрам ЧАТ у 261 Гц і інтэнсіўнасцю голасу 81 дБ, што нязначна адрозніваецца ад клічнага сказа: макс. ЧАТ сказа – 344 Гц фіксуецца на займенніку *яго=*, мін. ЧАТ – 189 Гц таксама на ядзерным займенніку *які+*, дыяпазон голасу вызначаецца ў 273 Гц і рэгістрам ЧАТ у 266.5 Гц і інтэнсіўнасцю голасу 86 дБ. Меладычныя тоны ў гэтых сказах розныя. У ІК-4 выкарыстоўваецца сыходна-ўзыходны тон, а ІК-5 – узыходна-сыходны тон.

Тыпы выказвання, улічваючы ступень інтанацыйнага члянэння на сінтагмы, уплываюць на хуткасць маўлення. Эксперыментальна вымерана, што апавядальны сказ характарызуецца сярэднім і запаволеным тэмпам, пыталыныя сказы вымаўляюцца больш хутка. А клічныя і пабуджальныя выказванні вызначаюцца даволі інтэнсіўным і хуткім тэмпам, што тлумачыцца высокай ступенню перадачы эмацыянальнага стану гаворачага. Агульнай рысай, якая характарызуе тэмп выказвання ў розных тыпах сказаў, з'яўляецца запавольванне маўлення ў канцы сказа, што звязана з размяшчэннем семантычна значнага кампанента. Аднак хуткасць маўлення залежыць ад важнасці маўленчага адрэзка для гаворачага і яго індывідуальных асаблівасцей.

Апісаныя інтанацыйныя параметры беларускага літаратурнага маўлення выкарыстаны ў фанатэцы, што распрацавана для беларускамоўнага модуля «IntonTraner» (рысунак 2).



Рысунак 2 – Многафункцыянальнае акно беларускамоўнага модуля праграмнага комплексу «IntonTrainer»

Праграмны комплекс з'яўляецца трэнажорам па вывучэнні інтанацыйных асаблівасцей. Модуль змяшчае 300 тыповых сказаў літаратурнай мовы, якія адлюстроўваюць узорныя параметры фанетычных сродкаў, разнастайнасць вымаўлення сінтаксічна-акцэнтных адзінак, што ў сукупнасці ўтвараюць

інтанацыю сказа. Модуль ажыццяўляе параўнанне тыпаў выказванняў згодна з іх сінтаксічнай структурай і інтанацыйнай накіраванасцю, знаёміць з універсальнымі меладычнымі партрэтамі эталонных фраз і выдае аб'ектыўную ацэнку ведаў карыстальніка ў галіне беларускай прасодыі.

Трэцяя глава **«Аптымізацыя лінгваакустычных рэсурсаў у сістэмах сінтэзу маўлення па тэксце»** змяшчае 2 раздзелы і 7 падраздзелаў, дзе разглядаюцца праблемы лакалізацыі інтанацыйных меж у агучаным тэксце, сінтагматычнага члянэння выказвання згодна з яго сінтаксічнай структурай і сэнсава-структурнымі адносінамі ўнутры выказвання. Аўтаматычнае сінтагматычнае члянэнне маўленчай плыні, якое вылучае мінімальныя сэнсавыя адзінкі і адлюстроўвае структурныя і сэнсавыя кампаненты выказванняў, дасягаецца праз прадстаўленыя ў даследаванні ўласнааўтарскі алгарытм, фармальныя правілы для аўтаматычнага вызначэння сінтагм і інтанацыйных мадэлі для штучнага маўлення.

У першым раздзеле «Прасадычная дэлімітацыя тэкставай інфармацыі, заснаваная на сінтаксічным аналізе» апісваюцца ўстаноўленыя аўтарам даследавання заканамернасці сінтагмападзелу беларускага маўлення на аснове сукупнасці сродкаў і правіл утварэння сінтаксічных адзінак. Гэта дазволіла выпрацаваць карэктныя алгарытмы і правілы вызначэння сінтаксічных меж сінтагм для беларускага маўлення, камп'ютарную маркіроўку сказаў, якая заключаецца ў замацаванні за кожным пісьмовым знакам адпаведнага праграмнага сімвала, што будзе ўспрымацца прасадычным працэсарам.

Члянэнне на сінтагмы рэалізуецца двума шляхамі: з дапамогай інтанацыйнага афармлення сінтагм, а таксама расстаноўкі міжсінтагменных паўз. У даследаванні паўзы вызначаюцца як галоўны фармальны паказчык меж сінтагм у маўленчай плыні як для натуральнага, так і для штучнага маўлення. Аналіз існуючай меладычнай разнастайнасці пераконвае, што пэўныя рысы жывога маўлення на пісьме не перадаюцца, кожны карыстальнік можа іх узнаўляць на падставе ўласнага разумення тэксту. Аднак на пісьме аўтаматычная дэлімітацыя тэкставай інфармацыі ў першую чаргу адзначаецца знакамі прыпынку і рэалізуецца праз усталяванне раздзяляльных і міжсінтагменных паўз. У залежнасці ад функцыянальнай нагрузкі, якую паўзы выконваюць унутры сказа, пры сінтагматычным члянэнні вылучаюцца рэгулярныя інтанацыйныя міжсінтагменныя паўзы: сінтаксічныя паўзы (адзначаюць сінтаксічныя адносіны паміж раздзеленымі выказваннямі), паўзы выказніка (размяшчаюцца паміж кампанентамі прэдыкатыўнай асновы сказа), злучальныя (характарызуюць часавы перапынак гучання, які супадае па функцыі са злучнікам), папярэдзальныя (служачь для папярэджання аб

далейшым працягу маўлення, у якім звычайна ўтрымліваецца тлумачэнне папярэдняй часткі сказа), інтанацыйна-лагічныя (аддзяляюць адзін маўленчы такт ад іншага, што дапамагае зразумець сэнс выказвання). Вызначана, што паўзы, адзначаныя коскай, коскай з кропкай, двукроп'ем, працяжнікам ці круглымі дужкамі (для ўдакладнення інфармацыі), вар'іруюцца ад 200 да 500 мс. Канец сказа характарызуецца паўзамі ў 500–1000 мс з больш успрымальным на слых разрывам у маўленчай плыні. Сярэдняя працягласць паўз дасягае 600–12000 мс падчас ужывання кропкі, пыталніка і клічніка; больш кароткія раздзяляльныя паўзы сустракаюцца з пыталнікам і клічнікам, некалькімі пыталнікамі і клічнікамі (500–700 мс), а найбольш працяглыя паўзы адзначаюцца пасля шматкроп'я (800–1000 мс). Так, напрыклад, часткі прадстаўленага складанага сказа з рознымі відамі сувязі *Надыходзіў вечар, і ўсё рыхтавалася да спачыну – і вада, і зямля: не трэсне сучок у бары, не ўсплёсне рыбіна ў возеры* адасабляюцца і папераджальнай, і злучальнай паўзамі (3 злучальныя і 2 папераджальныя паўзы), дзе папераджальныя паўзы вар'іруюцца ў дыяпазоне ад 500 мс да 740 мс, а злучальныя – ад 320 мс да 585 мс: Надыхо=дзіў \ве+чар (злуч. п.) | і ўсё рыхтава=лася да \спачы+ну (папер. п.) | і \вада+ (злуч. п.) | і \зямля+ (папер. п.) || не трэ=сне сучок у \бары+ (злуч. п.) | не ўсплэ=сне рыбіна ў \во+зеры (раздз. п.) || Камп'ютарная маркіроўка для прыведзенага сказа адпаведна наступная: *Надыходзіў вечар [N0] і ўсё рыхтавалася да спачыну [N1] і вада [N0] і зямля [N2] не трэсне сучок у бары [N0] не ўсплёсне рыбіна ў возеры [F0]*.

Сінтаксічны аналіз тэксту па ўстанаўленні інтанацыйных меж сінтагм і іх паўзацыі накіраваны на вылучэнне такіх параметраў структуры сказа, як наяўнасць прэдыкатыўнага цэнтра (аднасастаўныя / двухсастаўныя сказы), пошук дадanych членаў сказа (простыя неразвітыя / развітыя сказы), наяўнасць аднародных і дадanych членаў сказа, параўнальных зваротаў, звароткаў, устаўных і пабочных канструкцый, а таксама характар спалучэння слоў і іх парадак. Сінтагмы, аб'яднаныя сэнсавымі і рытміка-меладычнымі адносінамі, размеркаваны па трох асобных групам на сінтаксічным парсеры: пунктуацыйныя сінтагмы (ПС) – у залежнасці ад выкарыстанай пунктуацыі; лексіка-граматычныя сінтагмы (ЛГС) – у якасці гатовых лексічна ўстойлівых у сваім складзе і структуры моўных адзінак (фразеалагізмаў); лексічныя сінтагмы (ЛС) – у адпаведнасці з сэнсавым аб'яднаннем двух ці болей паўназначных слоў, звязаных падпарадкавальнымі адносінамі. Для кожнай групы ўстаноўлена маркіроўка, прыгодная для ўспрыняцця штучным інтэлектам. Складаназалежны сказ з атрыбутыўнымі адносінамі *Можна таму і памірае ад настальгіі чалавек, які пры жывой радзіме топча чужыя травы,*

лашчыць чужыя кветкі, чуе чужую мову сваіх дзяцей складаецца з чатырох пунктуацыйных і дзвюх лексічных сінтагм. Сінтагматычная дэлімінацыя сказа, яго інтанацыйная разметка і камп'ютарная маркіроўка прадстаўлены наступным чынам: [Можжа таму і памірае (ЛС)] [ад настальгіі чалавек (ПС)] [які пры жывой радзіме (ЛС)] [топча чужыя травы (ПС)] [лашчыць чужыя кветкі (ПС)] [чуе чужую мову сваіх дзяцей (ПС)]. √Мо+жа таму= і √паміра+е | ад настальгі=і √чалаве+к | які пры жы=вой √радзі+ме | то=пча чужыя √тра+вы | ла=шчыць чужыя √кве+ткі | √чу+е чужую мо=ву сваіх √дзяце+й || *Можжа таму і памірае* [N6] *ад настальгіі чалавек* [N0] *які пры жывой радзіме* [N6] *топча чужыя травы* [N0] *лашчыць чужыя кветкі* [N0] *чуе чужую мову сваіх дзяцей* [F0].

Найбольшую складанасць выклікае пошук і ўстанаўленне лексічных сінтагм, паколькі для іх вызначэння адсутнічаюць фармальныя маркеры і паказчыкі, якія б уплывалі на іх аўтаматычную экстракцыю з пісьмовага тэксту. Іх структурная схема вызначаецца марфалагічным выражэннем галоўнага кампанента сінтагмы, разнавіднасцю падпарадкавальнай сувязі (дапасаванне, кіраванне, прымыканне), наяўнасцю / адсутнасцю службовага слова (прыназоўніка, злучніка, часціцы), а таксама граматычнай формай залежнага кампанента. Пры гэтым дадатковымі маркерамі паўзальных меж з'яўляюцца службовыя часціны мовы (прыназоўнікі, злучнікі, часціцы), якія разам з самастойнымі часцінамі мовы ўтвараюць адно фанетычнае слова, а таксама ўлічваюцца мадальныя словы, выклічнікі і гукаперайманні. Такім чынам, ЛС падзяляюцца на тыпы: іменны (субстантыўны беспрыназоўнікавы, субстантыўны з прыназоўнікам, займеннікавы), дзеяслоўны, прыслоўны (акалічнасны). Просты сказ з рознымі тыпамі сінтагм *У кавальскай майстэрні хтосьці знарок надзвычай моцна лягнуў молатам па лісту*. [*У кавальскай майстэрні* (субстантыўная сінтагма з прыназоўнікам)] [*хтосьці знарок* (займеннікавая сінтагма)] [*надзвычай моцна лягнуў молатам* (дзеяслоўная сінтагма)] [*па лісту жалеза* (субстантыўная сінтагма з прыназоўнікам)].

На аснове прааналізаванага тэкставага матэрыялу (350 сказаў) створана сістэма правіл і распрацаваны алгарытм для вызначэння інтанацыйных меж у тэксце, акрэслены фармальныя паказчыкі для вызначэння сінтагм. На падставе алгарытму выдзяляюцца пунктуацыйныя і лексіка-граматычныя сінтагмы. Для пошуку лексічных сінтагм падрыхтаваны фармальныя правілы для камп'ютарнай апрацоўкі (300 пунктаў), заснаваныя на фармальна-граматычным падыходзе. Кожнае правіла апісвае сінтагму, якая складаецца з галоўнага слова, што вызначае яе асноўны сэнс і з'яўляецца цэнтральным элементам; залежных слоў, што апісваюць або раскрываюць значэнне галоўнага слова, і злучальных

слоў (прыназоўнікаў, злучнікаў, часціц). Пералічаныя кампаненты звязваюць розныя элементы сінтагмы паміж сабой і адлюстроўваюць іх адносіны. Асобнае правіла са спіса ўлічвае пералічаныя кампаненты, іх семантычную нагрузку ў сказе / фразе і сінтаксічную сувязь паміж сабой.

Эксперыментальнае даследаванне сярод беларускамоўных інфармантаў пацвярджае высновы аўтара, атрыманыя падчас стварэння алгарытму і фармальных правілаў для аўтаматычнага вызначэння сінтагм. Па выніках камп'ютарнай і колькаснай апрацоўкі вызначана, што расстаноўка інтанацыйных меж сінтагм у большай ступені залежыць ад сінтаксічнай структуры сказа. Галоўным паказчыкам сінтагмападзелу з'яўляюцца знакі прыпынку, якія выступаюць умоўнымі маркерамі дэлімітацыі тэкставай інфармацыі. Найбольшую складанасць выклікала экстракцыя лексічных сінтагм, якія не адасабляюцца яўнымі фармальнымі прыметамі. Аднак, 80% інфармантаў змаглі вызначыць такія сінтагмы, вызначаючы іменны (субстантыўны беспрыназоўнікавы, субстантыўны з прыназоўнікам, займеннікавы), дзеяслоўны і прыслоўны тыпы ў рознай ступені. Такім чынам атрымана цэласнае ўяўленне пра падзел тэксту на сінтагмы ў беларускай мове.

Другі раздзел «Убудаванне лінгваакустычных рэсурсаў у беларускамоўныя сістэмы сінтэзу маўлення» прысвечаны стварэнню класіфікацыі інтанацыйных мадэлей для штучнага маўлення, распрацоўцы аўтаматычнага прататыпа пошуку сінтагм для дэлімітацыі ўваходнага тэксту і аптымізацыі лінгваакустычных рэсурсаў у складзе прыкладных сістэм, у тым ліку сістэм сінтэзу маўлення новага пакалення.

З выкарыстаннем праграмнага комплексу NooJ па апрацоўцы лінгвістычных рэсурсаў створана сінтаксічная граматыка для аўтаматычнай экстракцыі тыпаў сінтагм. Асноўным ядром граматыкі з'яўляюцца марфалагічны і сінтаксічны прынцыпы ўтварэння словазлучэнняў / фраз. Яе канцэпцыя заснавана на павярхоўным сінтаксічным аналізе сказаў з акцэнтам на граматычныя характарыстыкі часцін мовы, якія аб'ядноўваюць акцэнтныя адзінкі. Прасадычныя правілы падзелу штучнай маўленчай плыні ацэньваюць значэнне інтанацыйных асаблівасцей беларускай мовы на пунктуацыйным і семантыка-сінтаксічным узроўнях. Анатаваны тэкставы корпус, створаны ў праграмным комплексе NooJ (350 сказаў-ілюстрацый) дазволіў устанавіць, што ў літаратурных тэкстах пераважаюць шматкампанентныя сінтагмы, якія складаюцца з 4 слоў (каля 35% ад усёй колькасці сінтагм у корпусе). Сярэдняя колькасць трохслоўных сінтагм займае 28%. Сінтагмы з пяці слоў сустракаюцца ў 24% ад агульнай колькасці сінтагм, шасціслоўныя сінтагмы пакрываюць 10% сінтагм, а аднакампанентныя сінтагмы – 3%.

Лінгваакустычныя рэсурсы рэалізуюць моўныя і маўленчыя сродкі для стварэння прататыпнай сістэмы прасадычнага працэсара. Прадстаўленыя 29 інтанацыйных мадэлей беларускага маўлення ў складзе ЛАБД фарміруюць сістэму меладычных партрэтаў для аўтаматызаванага штучнага маўлення. Класіфікацыя інтанацыйных партрэтаў заснавана на аналізе тыпу сказа (апавядальны, пыталыны, клічны, пабуджальны), колькасці сінтагм, знакаў прыпынку і злучнікаў, якія на камп’ютарным узроўні выступаюць фармальнымі маркерамі сінтагмападзелу. Кожная мадэль мае свае рэалізацыі ў залежнасці ад кантэксту і пазначана асобнымі маркерамі, якія з’яўляюцца прыгоднымі для прачытання камп’ютарам. Так, у працэсе аналізу клічных і пабуджальных сказаў улічваецца наяўнасць выклічнікаў і колькасць сінтагм. На прыкладзе клічнага сказа *Цудоўны выбар!* Цудоўны выбар [E2] фармальны маркер E2 апісвае інтанацыйныя мадэлі клічных / пабуджальных аднасінтагменных сказаў, у пачатку якіх адсутнічае выклічнік. Адпаведна E2-1 ужываецца ў клічных / пабуджальных сказах, склад якіх налічвае больш за адну сінтагму і ў пачатку сказа адсутнічае выклічнік: *Наша айчына – краіна загадкаў і дзіваў!* Наша айчына [C4] краіна загадкаў [C12] і дзіваў [E2-1]. Вынікі сабраных мадэлей у ЛАБД паказваюць, што адлюстраваная сістэма правіл і актуальныя алгарытмы па апрацоўцы тэкставага матэрыялу працуюць на практыцы.

На аснове распрацаванага алгарытму і сістэмы фармальных правіл па аўтаматычнай дэлімітацыі сінтагм заснавана праца сэрвісу «Інтанацыйны працэсар». Праграма аўтаматычна вызначае пунктуацыйныя і часткова лексічныя сінтагмы без дадатковай апрацоўкі “ўручную” лінгвістам. Прыведзеныя прынцыпы сінтагмападзелу, алгарытм для вызначэння інтанацыйных меж і 29 інтанацыйных мадэлей беларускага маўлення выступілі ў якасці ўзорных для мадэлявання інтанацыйных параметраў беларускага маўлення ў складзе БСМТ новага пакалення, заснаванага на нейронных сетках. Апісаныя рэсурсы прыменены для аналізу структуры ўваходнага тэксту, правільнага падзелу сказаў на сінтагмы і акцэнтныя адзінкі на ўзроўні тэкставага і прасадычнага працэсараў. Мадэлі ўзнаўляюць інтанацыйныя параметры маўлення, такія як уздым і спад галасу, інтэнсіўнасць і хуткасць вымаўлення, а таксама перапыненне гучання маўлення праз ужыванне паўз. Прыведзеныя рэсурсы ў складзе БСМТ новага пакалення паспрыялі стварэнню больш натуральнай прасодыі ў сінтэзатары маўлення, і аптымізацыі яго функцыянавання, дзе згенераванае маўленне набліжана да натуральнага. Рэалізацыя ЛАР у складзе платформы для апрацоўкі тэкставай і гукавой інфармацыі для розных тэматычных даменаў (corpus.by) з’яўляецца якасным сродкам дадатковых рэсурсаў для лінгвістычнай напаяўняльнасці асобных

сэрвісаў з акустычным кампанента. У сістэме ЛАБД выконвае ролю забеспячэння моўнага і маўленчага набору даных, якія прымяняюцца для аўтаматычнай апрацоўкі тэкставай і агучнай інфармацыі, ажыццяўлення бесперапыннага тэсціравання на правільнасць агучвання матэрыялу, выпраўлення яўных памылак і стварэння эфектыўных інфармацыйных сістэм. Яна таксама выкарыстоўваецца для пошуку і стварэння новых праграмных рэалізацый па апрацоўцы натуральнага маўлення ў камп'ютарных тэхналогіях, што з'яўляецца актуальнай задачай у сучасным інфармацыйным асяроддзі.

ЗАКЛЮЧЭННЕ

Асноўныя навуковыя вынікі дысертацыі

1. Распрацаваная канцэпцыя міждысцыплінарнага даследавання лінгваакустычных рэсурсаў для беларускамоўных сістэм сінтэзу маўлення па тэксце прадугледжвае генерыраванне ўваходнай тэкставай інфармацыі ў высакаякаснае штучнае маўленне. Створаная лінгваакустычная база даных (1000 сказаў-ілюстрацый) грунтуецца на аўтаматычнай экстракцыі сінтагм, межы якіх заснаваны на правілах сэнсавага, сінтаксічнага і інтанацыйнага адзінства. Абавязковым кампанентам успрымання выразнага маўлення з'яўляецца сінтагматычнае чляненне на прасцейшыя семантыка-сінтаксічныя адзінкі, аформленыя перарывамі гучання (паўзамі), якія ўстанаўліваюцца пры аўтаматычным пошуку на сінтаксічным узроўні праграмным комплексам NooJ.

Праведзенае даследаванне дазваляе заключыць, што такія праграмы штучнага інтэлекту, як ССМТ, з'яўляюцца складанымі комплексамі. Яны ўключаюць не толькі тэхніка-тэхналагічную аснову, але і аб'ём фанетычных ведаў, аналізатары лінгвістычнай і прасадычнай структуры мовы. Прасадычныя характарыстыкі маўлення (працягласць, інтэнсіўнасць, паўзацыя і частата асноўнага тону) характарызуюць галоўныя ўласцівасці маўленчай дзейнасці асобы, што немалаважна для інтанацыйна-сэнсавага дзялення маўлення, перадачы камунікатыўнага тыпу сказа, вызначэння асобных эмацыянальных значэнняў. Іх рэалізацыя ў складзе камп'ютарных сістэм з акустычным кампанентам прыбліжае працэс надання натуральнага гучання штучнаму маўленню.

Галоўная складанасць існуючых сістэм заключаецца ў стварэнні механізмаў і алгарытмаў, згодна з якімі ССМТ канвертуюць уваходны тэкст у якаснае маўленне. Створаная супрацоўнікамі АПП НАН Беларусі інтэрнэт-версія сінтэзатара маўлення складаецца з чатырох асноўных працэсараў: тэкставага, прасадычнага, фанетычнага, акустычнага. Кожны працэсар

падтрымліваецца наборамі адпаведных баз даных і правіл. БСМТ праводзіць якасную лінгвістычную апрацоўку ўваходнага тэксту з вызначэннем такіх прамежкавых параметраў, як прывядзенне марфалагічных асаблівасцей апрацаваных часцін мовы, прадстаўленне фанематычнага, алафоннага тэксту і транскрыпцыі трох відаў. Але пры выкарыстанні падобных сістэм найбольшая ўвага надаецца натуральнасці, інтанацыйнай насычанасці і тэмбральнай афарбоўцы выходнага гукавога файла, што ў першую чаргу залежыць ад працы прасадычнага працэсара і карэктнай інтанацыйнай разметкі. У сувязі з адсутнасцю механізмаў па рэалізацыі прасадычнай апрацоўкі тэксту ў БСМТ штучнае маўленне сістэмы цяжкае для ўспрымання, што зніжае ўзровень якасці праграмы. Праблема вырашаецца праз стварэнне аўтарскай лінгваакустычнай базы даных, у якой інтанацыя адказвае за зразумелае, дакладнае і выразнае маўленне. ЛАБД адлюстроўвае ўсе магчымыя інструментальна апрацаваныя інтанацыйныя контуры беларускай літаратурнай мовы, у якіх вызначаны галоўныя прасадычныя характарыстыкі штучнага маўлення [1; 8; 11; 17].

2. Падрыхтаваныя ў рамках дысертацыйнага даследавання лінгваакустычныя рэсурсы ўяўляюць сабой сістэматызаваны тэкставы масіў даных, агучаны прафесійнымі дыктарамі ў адпаведнасці з арфаэпічнымі нормамі беларускай літаратурнай мовы. Аўтарская лінгваакустычная база даных (аб'ём якой складае каля 1 тыс. Кб) адлюстроўвае галоўныя характарыстыкі і асаблівасці інтанацыі беларускай мовы.

Інтанацыйныя кампаненты (мелодыка, тэмп, тэмбр, інтэнсіўнасць, паўзы) залежаць ад семантыка-сінтаксічнай будовы сказа. Розныя тыпы сказаў паводле мэты выказвання (апавядальныя, пыталыныя, пабуджальныя, клічныя) патрабуюць ужывання адметных меладычных тонаў, згодна з якімі ў беларускай мове вызначаецца 7 інтанацыйных канструкцый. Так, у апавядальных сказах максімальная частата асноўнага тону вар'іруецца ад 220 Гц да 280 Гц, у пыталых – ад 270 Гц да 320 Гц, а ў клічных / пабуджальных – ад 320 Гц да 380 Гц, што сведчыць аб высокім узроўні гучнасці і інтэнсіўнасці вымаўлення апошніх двух тыпаў сказаў у параўнанні з апавядальнымі сказамі. Інтанацыйная афарбоўка таксама ўплывае на ўжыванне асноўнага тону. Нягледзячы на аднолькавы тып выказвання, розныя меладычныя мадэлі могуць ужывацца для перадачы большай эмацыянальнай экспрэсіўнасці ў залежнасці ад сэнсу сказанага. Дыяпазон фразы характарызуе шырыню танальнага ахопу сказа (больш шырокую або больш вузкую танальную паласу) зыходзячы з таго, які змест і эмацыянальную насычанасць выкарыстоўвае гаворачы. Па ўстаноўленых даных, для звычайнага маўлення дастатковы дыяпазон голасу ў 4–6 тонаў (ад 85 Гц да 200 Гц у мужчын і ад 160

Гц да 340 Гц у жанчын). Інтэнсіўнасць вымаўлення фраз у розных сказах таксама мае розныя значэнні. Для апавядальных сказаў характэрны ўзровень гучання ў 60–70 дБ, у пыталых сказах – 70–85 дБ, у клічных / пабуджальных – 80–95 дБ.

Створаная для функцыянавання ў складзе камп’ютарнай сістэмы ЛАБД апісваецца фармальнай (зразумелай для машыны) мовай. Яна базіруецца на трохмерным вымярэнні інтанацыйна-акцэнталагічна-арфаэпічных паказчыкаў, уласцівых натуральнаму маўленню. Апрацаваныя камп’ютарнымі сродкамі меладычныя партрэты дазваляюць палепшыць якасную арганізацыю гучання ў беларускамоўных сістэмах сінтэзу маўлення. Адметнае існаванне апавядальнай, пыталай, клічнай, патрабавальнай, пералічальнай, пабуджальнай, імплікацыйнай і інш. інтанацыі пацверджана інструментальна. Інтанацыйныя мадэлі літаратурнай мовы прадстаўлены канструкцыямі, уласцівымі асобным часткам сказа адпаведна іх сэнсавай важнасці. Яны з’яўляюцца ўзорнымі эталонамі інтанацыйнага афармлення выказвання з дэталізацыяй сэнсавых адносін унутры сказа.

Распрацаваная лінгваакустычная база даных у мадыфікаваным выглядзе лягла ў аснову стварэння беларускамоўнага модуля па вывучэнні інтанацыі ў праграмным комплексе «IntonTrainer». Адною з яго функцый з’яўляецца ацэнка інтанацыйнай якасці сінтэзаванага маўлення. ЛАБД апісанага модуля ўключае набор эталонных фраз, агучаных мужчынскім і жаночым галасамі, якія ахопліваюць інтанацыйныя ўзоры мовы адпаведна тыпам, стылістычным асаблівасцям і эмацыянальнай афарбоўкі выказванняў. Галоўнае прымяненне праграмы заключаецца ва ўстанаўленні індывідуальнай, эмацыянальнай і стылістычнай рэалізацыі беларускай інтанацыі. Карыстальнік можа атрымаць аб’ектыўную ацэнку сваіх ведаў у галіне беларускай прасодыі праз шматразовы паўтор фразы-эталона для дасягнення найлепшых вынікаў [2; 3; 13; 14; 16; 18].

3. Прасадычная дэлімітацыя беларускага маўлення распрацавана на падставе сістэмнага аналізу стылістычных асаблівасцей і сінтаксічнай структуры тыпаў сказаў паводле мэты выказвання, ужывання знакаў прыпынку і інтанацыйных уласцівасцей сказа. Прасадычная дэлімітацыя рэалізуецца пошукам і вызначэннем сінтагм у маўленчай плыні. Прынятая методыка даследавання акрэслівае паўзу як адзіны інтанацыйны кампанент, які выконвае ролю сродку дэлімітацыі ў яго штучным прадстаўленні. Расстаноўка меж паміж сінтагмамі ажыццяўляецца праз выяўленне раздзяляльных і міжсінтагменных паўз (сінтаксічнай, папярэджальнай, злучальнай, інтанацыйна-лагічнай і паўзай выказніка) з агульным колькасным памерам ад 60 мс да 1800 мс. Тыпы паўз адзначаюцца рознай працягласцю. Раздзяляльныя паўзы маюць наступныя

паказчыкі: 600–1200 мс. Дыяпазон папераджальных і злучальных паўзвар’іруецца ад 300 мс да 800 мс. Сінтаксічная, інтанацыйна-лагічная паўзы і паўза выказніка з’яўляюцца больш кароткімі. Іх памер – 0.50–300 мс.

Прапанаваны алгарытм па вызначэнні інтанацыйных меж заснаваны на правілах сінтаксічнага і граматычнага спалучэння слоў у акцэнтных адзінках, што фарміруюць асобную сінтагму. Для стварэння фармальных універсальных правіл аўтаматычнага сінтагматычнага членення сказаў улічваліся знакі прыпынку; устойлівыя словазлучэнні, што займаюць значную частку слоўнікавага складу мовы; спіс фармальных правіл, якія падзяляюць сказ на лексічныя сінтагмы (налічвае 300 пунктаў). Кожны пункт правіл заснаваны на марфалагічных, семантыка-сінтаксічных і словаўтваральных асаблівасцях лексем беларускай літаратурнай мовы, спалучэнне якіх фарміруе асобную сінтагму. Прынцып стварэння фармальных сінтаксічных правіл заключаецца ў фармальна-граматычным падыходзе, які апісвае падпарадкавальную сувязь слоў і спалучальнасць галоўнага і залежнага кампанента ў адпаведнасці з часцімоўнай прыналежнасцю. Спіс аўтарскіх фармальных правіл, складзены для камп’ютарнай апрацоўкі сінтаксічна-акцэнтных адзінак, дазваляе праводзіць аўтаматычнае папаўненне рэсурсаў у праграмным комплексе NooJ.

Аналіз суперсегментных адзінак, праведзены на аснове апытання беларускамоўных носьбітаў, супадае з высновамі аўтара аб памеры сінтагм і найбольш верагоднай лакалізацыі іх меж у тэксце. Па выніках камп’ютарнага і колькаснага аналізу гукавых файлаў устаноўлена, што ў мастацкіх тэкстах пераважаюць сінтагмы кароткага памеру (4–9 складоў), сінтагмы сярэдняга памеру (10–16 складоў) сустракаюцца радзей, а доўгія сінтагмы (больш за 17 складоў) наогул малаўжывальныя. Прадстаўленыя матэрыялы могуць быць выкарыстаны ў далейшых даследаваннях у рамках інтанацыйнай арганізацыі беларускага маўлення [3; 5; 6; 7; 20; 21; 22].

4. Карэктна рэалізаваная разметка сінтагм дазволіла ўстанавіць тыповыя для беларускай прасодыі інтанацыйныя контуры выказвання. На аснове распрацаваных крытэрыяў прапанавана класіфікацыя інтанацыйных партрэтаў, якая складаецца з 29 інтанацыйных мадэлей для штучнага маўлення. Асобная мадэль улічвае тып кожнага сказа паводле мэты выказвання, колькасць акцэнтных адзінак, знакі прыпынку, злучнікі і прыназоўнікі як фармальныя маркеры сінтаксічнага размежавання. Разгледжаныя чатыры групы штучнай маўленчай інтанацыі (апавядальныя завершанасці / незавершанасці, пыталыны і клічны) маюць кантэкстуальную рэалізацыю і пазначаюцца фармальнымі маркерамі, прыдатнымі для чытання камп’ютарнымі сродкамі. Для першай групы вызначана 5 інтанацыйных мадэлей (завершанасці), для другой групы –

12 мадэлей (незавершанасці), для трэцяй – 8 мадэлей пыталнай інтанацыі і 4 мадэлі – для клічнай інтанацыі.

Прыведзеныя ў дысертацыйным даследаванні фармальныя правілы па вызначэнні сінтагм выкарыстаны для ўласнааўтарскага стварэння спецыялізаванай граматыкі па камп’ютарнай апрацоўцы фармальна-граматычнай будовы сінтагм і іх аўтаматычнай экстракцыі ў праграмным комплексе NooJ. Апісаная граматыка выступае якасным сродкам вызначэння сінтагм на камп’ютарным узроўні, што спрашчае «ручную» апрацоўку тэкставага матэрыялу для пошуку апісаных тыпаў сінтагм. Алгарытм вызначае 78% сінтагм, што сведчыць аб высокім узроўні аўтаматычнай прасадычнай дэлімітацыі. Сегментацыя фраз на пунктуацыйным і лексічным узроўнях, разам з сістэмай маркіроўкі інтанацыйных тыпаў накіравана на павышэнне прасадычнай прадуктыўнасці БСМТ, а таксама можа служыць для паляпшэння беларускага модуля NooJ з дапамогай прасадычнай транскрыпцыі.

Аўтаматычная экстракцыя сінтагм рэалізавана ў сэрвісе «Інтанацыйны працэсар», які грунтуецца на алгарытме па вызначэнні інтанацыйных меж акцэнтных адзінак сінтагм. Лінгваакустычныя рэсурсы, што пакладзены ў аснову мадэрнізацыі прасадычнага працэсара, выкарыстаны ў прататыпнай сістэме падзелу тэкставай інфармацыі «Інтанацыйны працэсар» для тэсціравання і паляпшэння якасці функцыянавання сэрвісу. На апошнім этапе даследавання магчыма суаднясенне інтанацыйных партрэтаў беларускай мовы для кожнай сінтагмы згодна з распрацаванымі 29 інтанацыйнымі мадэлямі.

Функцыянаванне любых інфармацыйна-тэхналагічных комплексаў забяспечваецца спецыялізаванымі лінгвістычнымі і акустычнымі рэсурсамі нараўне з асобнымі тэхнічнымі метадамі і алгарытмамі, якія маглі б перадаць законы, існуючыя ў натуральным маўленні. Праграмная апрацоўка тэхналагічных мадэлей рэалізуецца на аснове распрацаваных фармальных правіл і граматыкі, якія адказваюць за лінгвістычную напаўняльнасць камп’ютарных сродкаў. Прадстаўленыя ў дысертацыйным даследаванні лінгваакустычныя рэсурсы з’яўляюцца неабходным складнікам у новай беларускамоўнай сістэме сінтэзу маўлення па тэксце на аснове нейронных сетак, што садзейнічае стварэнню больш разнастайнага і натуральнага штучнага маўлення. Апісаныя ЛАР таксама ўбудаваны ў камп’ютарную платформу для апрацоўкі тэкставай і гукавой інфармацыі corpus.by і выкарыстоўваюцца ў сістэме для лінгвістычнага забеспячэння рэсурсаў і іх тэсціравання, што важна для высокай эфектыўнасці апрацоўкі тэкставай і гукавой інфармацыі на беларускай мове. Рэалізацыя аўтарскіх ЛАБД, алгарытму і сінтаксічнай граматыкі па вызначэнні меж сінтагм на базе NooJ, а

таксама 29 інтанацыйных мадэлей штучнага маўлення ў апісаных тэхналогіях сведчыць аб паспяховай аптымізацыі лінгваакустычных рэсурсаў у іх складзе, дзе штучнае маўленне гучыць плаўна і натуральна [4; 5; 6; 9; 12; 15; 19].

Рэкамендацыі па практычным прымяненні вынікаў дысэртацыі

Асноўныя палажэнні і вынікі дысэртацыі могуць выкарыстоўвацца ў навукова-даследчай дзейнасці пры распрацоўцы тэарэтычных і прыкладных праблем сучаснай беларускай прасодыі; у вучэбна-метадычнай рабоце пры чытанні курсаў і спецкурсаў па камп'ютарнай і корпуснай лінгвістыцы, пры выкладанні вучэбных дысцыплін «Фанетыка беларускай мовы», «Аналіз і сінтэз маўлення», «Праблемы штучнага інтэлекту», «Камп'ютарныя тэхналогіі ў лінгвістыцы» у ВНУ; пры напісанні вучэбных дапаможнікаў, прысвечаных праблемам лінгвадыдактыкі, інтанацыі, арфаэпіі, націску; пры навучанні інтанацыі ў праграмным комплексе «IntonTrainer», які накіраваны на аналіз індывідуальных і эмацыянальных асаблівасцей маўлення. Падрыхтаваныя лінгваакустычныя рэсурсы знойдуць прымяненне ў сістэмах сінтэзу і распазнавання маўлення, праграмах з акустычным кампанентам і галасавым інтэрфейсам, а таксама ў камп'ютарных сістэмах, якія ажыццяўляюць аўтаматычную апрацоўку мовы і дэлімітацыю тэкставай і гукавой інфармацыі на камп'ютарным узроўні.

СПІС ПУБЛІКАЦЫЙ САІСКАЛЬНІКА ВУЧОНАЙ СТУПЕНІ

Артыкулы ў рэцэнзуемых перыядычных выданнях

1. Зяноўка, Я. С. Сучасныя тэхналогіі ў пераўтварэнні тэкставай інфармацыі ў маўленне: сінтэзатары маўлення па тэксце / Я. С. Зяноўка // Труды БГТУ. – 2018. – № 1 (207) : Принт- и медиатехнологии. – С. 77–83.
2. Зяноўка, Я. С. Магчымасці сучасных камп’ютарных сродкаў для вывучэння беларускай інтанацыі (на прыкладзе аналізу танальнага контуру) / Я. С. Зяноўка // Беларуская лінгвістыка. – 2018. – № 81. – С. 105–116.
3. Зяноўка, Я. С. Навучанне беларускай інтанацыі сродкамі камп’ютарнай лінгвадыдактыкі / Я. С. Зяноўка // Весці БДПУ. – 2020. – Сер. 1. № 1. – С. 104–108.
4. Zianouka, Y. Belarusian Language Oriented Intelligent Voice Assistants / Y. Zianouka, V. Dydo, M. Lutich, V. Chachlou, J. Hetsevich, V. Zahariev, V. Krischenovich // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – 2024. – № 8. – P. 333–338.

Артыкулы, рэцэнзуемыя бібліяграфічнай і рэфератыўнай базай данных навуковай літаратуры Scopus

5. Zianouka, Ya. Automatic Generation of Intonation Marks and Prosodic Segmentation for Belarusian NooJ Module / Ya. Zianouka, Y. Hetsevich, D. Latyshevich, Z. Dzenisiuk // Formalizing Natural Languages: Applications to Natural Language Processing and Digital Humanities / 15th International Conference, NooJ 2021, Besançon, France, June 9–11, 2021, Revised Selected Papers / France ; ed.: Magali Bigey, Max Silberztein. – Springer, 2022. – P. 231–242.
6. Zianouka, Ya. Prosodic Segmentation of Belarusian Texts in NooJ / Ya. Zianouka, Y. Hetsevich, D. Latyshevich, M. Suprunchuk // Formalizing Natural Languages: Applications to Natural Language Processing and Digital Humanities / 16th International Conference, NooJ 2022, Rosario, Argentina, June 14–16, 2022, Revised Selected Papers ; eds. Mariana González, Silvia Susana Reyes, Andrea Rodrigo, Max Silberztein. – Springer, 2022. – P. 50–62.
7. Zianouka, Ya. Recognition of Frozen Expressions in Belarusian NooJ Module / Ya. Zianouka, D. Latyshevich, M. Suprunchuk, Y. Hetsevich, // Formalizing Natural Languages: Applications to Natural Language Processing and Digital Humanities / 17th International Conference, NooJ 2023, Zadar, May 31–June

2, 2023, Revised Selected Papers ; eds. Anita Bartulović. – Springer, 2023. – P. 64–75.

Артыкулы ў зборніках матэрыялаў канферэнцый

8. Зяноўка, Я. С. Стварэнне базы незафіксаванай нарматыўнымі крыніцамі лексікі праз corpus.by / Я. С. Зяноўка // Беларуская граматыка: ад Браніслава Тарашкевіча да сучаснасці : зб. матэрыялаў Міжнар. навук. канф., г. Мінск, 19–20 студз. 2017 г. / Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр даслед. беларус. культ., мовы і літ-ры, Ін-т мовазнаўства ; адк. рэд.: В. П. Русак. – Мінск, 2017. – С. 84–90.

9. Zianouka, E. The Enlargement of Electronic Lexical Database by Computational On-line Free System / E. Zianouka // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы Междунар. науч.-техн. конф. г. Минск, 16–18 февр. 2017 г., вып. 1 / Белорус. гос. ун-т информ. и электрон. ; редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 179–182.

10. Зяноўка, Я. С. Распрацоўка лінгвістычных рэсурсаў для аўтаматычнай транскрыпцыі беларускамоўных тэкстаў на англійскай мове / Я. С. Зяноўка // Лингвистика, лингводидактика, лингвокультурология: актуальные вопросы и перспективы развития : материалы Первой Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Минск, 23–24 февр. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: О. Г. Прохоренко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 89–92.

11. Зяноўка, Я. С. Сістэмы сінтэзу маўлення як сродак аптымізацыі бібліяграфічнай справы / Я. С. Зяноўка // Библиотека в XXI века: молодежь в науке : материалы IX Междунар. научн.-практ. конф. молодых ученых специалистов, г. Минск, 26 окт. 2017 г. / Нац. акад. наук Беларусі, Цэнтр. науч. б-ка ; редкол.: Ю. А. Переверзева (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 216–218.

12. Зяноўка, Я. С. Тыпы інтанацыйных канструкцый беларускай літаратурнай мовы / Я. С. Зяноўка // Общественные и гуманитарные науки : тез. докл. 82-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), г. Минск, 1–14 февр. 2018 г. / Белорус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 83–84.

13. Зяноўка, Я. С. Сучасныя сродкі апрацоўкі інтанацыйных канструкцый / Я. С. Зяноўка // Лингвистика, лингводидактика, лингвокультурология: актуальные вопросы и перспективы развития : материалы II Междунар. науч.-

практ. конф., г. Минск, 1–2 марта 2018 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: О. Г. Прохоренко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 36–43.

14. Зяноўка, Я. С. Праблема навучання інтанацыі і спосабы яе вырашэння / Я. С. Зяноўка // Актуальныя праблемы гуманітарнага адукацыі : матэрыялы V Міжнародн. навуц.-практ. конф., г. Минск, 18–19 окт. 2018 г. / Беларус. гос. ун-т ; редкол.: О. А. Воробьева (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 252–259.

15. Зяноўка, Я. С. Інфармацыйныя рэсурсы як аб’ект сучаснай лічбавай прасторы / Я. С. Зяноўка // Библиотека в XXI веке: цифровая реальность : материалы X Міжнародн. навуц.-практ. конф. моладых вучоных і спецыялістаў, г. Минск, 27–28 нояб. 2018 г. / Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр. навуц. б-ка ; редкол.: Л. А. Авгуль (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 30–33.

16. Зяноўка, Я. С. Патэнцыял лінгваакустычных рэсурсаў / Я. С. Зяноўка // Общественные и гуманитарные науки : материалы 83-й навуц.-техн. конф. прафесарска-педагагічнага складу, навуцых супрацоўнікаў і аспірантаў (с міжнародн. удзелам), г. Минск, 4–15 февр. 2019 г. / Беларус. гос. технол. ун-т ; редкол.: И. В. Войтов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 91–92.

17. Зеновко, Е. С. Лингвоакустические ресурсы для белорусскоязычных систем синтеза речи / Е. С. Зеновко // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : сб. навуц. тр., вып. 3 / Беларус. гос. ун-т информ. и радиоэлектрон. ; редкол.: В. В. Голенков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 301–304.

18. Зяноўка, Я. С. Культура маўлення: узаемасувязь інтанацыі і знакаў прыпынку / Я. С. Зяноўка // Лингвистика, лингводидактика, лингвокультурология: актуальныя пытанні і перспектывы развіцця : матэрыялы III Міжнародн. навуц.-практ. конф., г. Минск, 14–15 марта 2019 г. / Беларус. гос. ун-т ; редкол.: О. Г. Прохоренко (отв. ред.). – Минск, 2019. – С. 66–72.

19. Zenovko, E. S. A subsystem of the «IntonTrainer» for learning and training Belarussian intonation / E. S. Zenovko, B. M. Lobanov // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems : Research Papers Collection Founded in 2017, Issue 4 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics ; ed.: V. V. Golenkov. – Minsk, 2020. – P. 235–238.

20. Зяноўка, Я. С. Беларуска-італьянскія інтанацыйныя паралелі / Я. С. Зяноўка // Беларуска-італьянскае культурнае ўзаемадзеянне і праблема захавання нацыянальнай ідэнтычнасці: сацыяльны вопыт і перспектывы : зб. навуц. арт. / Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр даслед. беларус. культ., мовы і літ. ; навуц. рэд.: В. У. Міцкевіч, І. У. Ялынцава. – Мінск, 2020. – С. 58–63.

21. Зяноўка, Я. С. Праблема прасадычнай дэлімітацыі натуральнага і штучнага маўлення / Я. С. Зяноўка // Беларуская мова – галоўная гісторыка-культурная каштоўнасць нацыі і дзяржавы: (да 90-годдзя Інстытута мовазнаўства) : зб. нав. арт., у 2 ч. / Нац. акад. навук Беларусі, Цэнтр даслед. беларус. культ., мовы і літ. імя Я. Коласа ; пад нав. рэд. І. Л. Капылова. – Мінск, 2021. – Ч. 1. – С. 182–186.

22. Зяноўка, Я. С. Аўтаматычная дэлімітацыя тэкставай інфармацыі для беларускай мовы / Я. С. Зяноўка, М. В. Супрунчук, А. А. Бакуновіч, М. А. Казлова [і інш.] // Лінгвістыка, лінгводидактыка, лінгвокультуралогія: актуальныя пытанні і перспектывы развіцця : матэрыялы VII Міжнарод. навуч.-практ. конф., г. Мінск, 16–17 сакавіта 2023 г. / Беларус. гос. ун-т ; рэдкал.: А. О. Долгова (отв. ред.) [і др.]. – Мінск, 2023. – С. 278–283.

РЭЗІЮМЭ

Зяноўка Яўгенія Сяргееўна

Лінгваакустычныя рэсурсы для беларускамоўных сістэм сінтэзу маўлення: фарміраванне, прагматычны патэнцыял, спосабы аптымізацыі

Ключавыя словы: лінгваакустычныя рэсурсы, прасодыя, інтанацыя, сістэмы сінтэзу маўлення, камп'ютарная апрацоўка, сінтагма, дэлімітацыя

Мэта даследавання: сфарміраваць і аптымізаваць лінгваакустычныя рэсурсы ў сістэмах сінтэзу маўлення з улікам рытміка-меладычнай структуры беларускай літаратурнай мовы.

Метады даследавання: эксперыментальна-фанетычныя метады, апісальны і параўнальны метады, прыёмы колькасных падлікаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Упершыню праведзены комплексны аналіз ЛАР, якія адказваюць за дасканаласць функцыянавання прасадычнага працэсара ў машынных сістэмах. Апісаны прасадычныя характарыстыкі сродкаў арганізацыі беларускага маўлення, вызначаны інтанацыйныя мадэлі прасадычных партрэтаў сінтагм для БСМТ. Эксперыментальна-фанетычнае вывучэнне інтанацыйных канструкцый, устанаўленне заканамернасцей сінтагматычнага дзялення сказаў пашырае веды ў галіне прасодыі беларускай мовы. Створаны беларускамоўны модуль для комплексу «IntonTrainer», які ўключае набор эталонных фраз, што адлюстроўваюць інтанацыйныя асаблівасці мовы.

Рэкамендацыі па выкарыстанні атрыманых вынікаў. Вынікі даследавання могуць выкарыстоўвацца ў навукова-даследчай дзейнасці і тэхналогіях пры распрацоўцы тэарэтычных і прыкладных праблем беларускай прасодыі: для параўнання, супастаўлення інтанацыйных параметраў беларускай мовы і іншых моў; для стварэння сістэм сінтэзу маўлення і камп'ютарных праграм з гукавым суправаджэннем. Тэарэтычныя матэрыялы могуць прымяняцца ў вучэбна-метадычнай рабоце пры чытанні асноўных курсаў і спецкурсаў па камп'ютарнай і корпуснай лінгвістыцы, фанетыцы беларускай мовы, пры напісанні вучэбных дапаможнікаў па дысцыплінах «Лінгвадыдактыка», «Фанетыка беларускай мовы».

Галіна выкарыстання: мовазнаўства, камп'ютарная лінгвістыка, аўтаматычная апрацоўка мовы, сістэмы сінтэзу маўлення, штучны інтэлект.

РЕЗЮМЕ

Зеновко Евгения Сергеевна

Лингвоакустические ресурсы для белорусскоязычных систем синтеза речи: формирование, прагматический потенциал, способы оптимизации

Ключевые слова: лингвоакустические ресурсы, просодия, интонация, системы синтеза речи, компьютерная обработка, синтагма, делимитация

Цель исследования: сформировать и оптимизировать лингвоакустические ресурсы в системах синтеза речи с учетом ритмико-мелодической структуры белорусского литературного языка.

Методы исследования: экспериментально-фонетические методы, описательный и сравнительный методы, приемы количественных подсчетов.

Полученные результаты и их новизна. Впервые осуществлен комплексный анализ ЛАР, отвечающих за функционирование просодического процессора в машинных системах. Описаны просодические характеристики организации белорусской речи, определены интонационные модели просодических портретов синтагм для БСМТ. Изучение интонационных конструкций, установление закономерностей синтагматического деления расширяет знания в области просодии белорусского языка. Создан белорусскоязычный модуль для комплекса «IntonTrainer», включающий набор эталонных фраз, которые отражают интонационные особенности языка.

Рекомендации по использованию полученных результатов. Результаты исследования могут использоваться в научно-исследовательской деятельности и информационных технологиях при разработке теоретических и прикладных проблем просодии: для сравнения, сопоставления интонационных параметров белорусского языка и других языков; для создания систем синтеза речи и компьютерных программ со звуковым сопровождением. Теоретические материалы могут применяться в учебно-методической работе при чтении основных курсов и спецкурсов по компьютерной и корпусной лингвистике, курса фонетики, написании учебных пособий по дисциплинам «Лингводидактика», «Фонетика белорусского языка».

Область использования: языкознание, компьютерная лингвистика, автоматическая обработка языка, системы синтеза речи, искусственный интеллект.

SUMMARY

Zianouka Yauheniya Siarhiejeuna

Linguoacoustic resources for the Belarusian text-to-speech systems: formation, pragmatic potential, optimisation methods

Keywords: linguoacoustic resources, prosody, intonation, text-to-speech systems, automatic processing, syntagma, delimitation

The aim of the research is to develop and optimize linguoacoustic resources in text-to-speech systems, taking into account the rhythmic and melodic structure of the Belarusian literary language.

Research methods include experimental phonetic methods, descriptive and comparative methods, mathematical and statistical analysis of materials.

The essence of the novelty of the obtained results. A comprehensive analysis of the linguoacoustic resources responsible for the perfect functioning of the prosodic processor in machine systems was carried out. The clarification of the supersegmental prosodic means of Belarusian literary speech was conducted. The intonation models of syntagmas, typical for Belarusian text-to-speech systems, were determined. Experimental phonetic study of intonation constructions, and establishing regularities of phrases and sentences' syntagmatic composition expands knowledge in the field of prosody of the Belarusian language. For the first time, a Belarusian-language prosodic module for the «IntonTrainer» software complex was created, which includes a set of phrases that reflect the intonation features of the language.

Recommendations on the application of the obtained results. The results can be used in scientific research and information technology in the development of theoretical and applied problems of prosody: for comparison of intonation parameters of the Belarusian language and other languages, for the creation of computer programs with sound accompaniment. Theoretical materials can be used in educational and methodological work when reading basic courses and special courses in computer and corpus linguistics, phonetics, writing textbooks on «Linguistics», «Phonetics of the Belarusian language» chapters.

Sphere of application: linguistics, computational linguistics, natural language processing, text-to-speech systems, artificial intelligence.