

УДК 504.75:621.317.39.084.2

СИСТЭМА ЗБОРУ І АДЛЮСТРАВАННЯ ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНАЙ/ЭКАЛАГІЧНАЙ ІНФАРМАЦЫІ СТАНЦЫЙ АНМЕС ПРАЕКТА THEOREMS-DNIPRO

**Ю. В. КРЫШНЁЎ, А. У. САХАРУК, М. А. НЕСЦЯРЭНКА,
У. А. РАМНЁЎ, М. М. БЫКАЎ**

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны
ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Распрацаваная вымяральная станцыя АНМЕС дазваляе аўтаматызаваць гідралагічныя, экалагічныя і метэаралагічныя назіранні. Апаратны комплекс прадугледжвае вымярэнне ўзроўню і тэмпературы вады ў рацэ Дняпро, канцэнтрацыі хларыдаў, нітратаў, акісляльна-аднаўленчага патэнцыяла, узроўню рН, хуткасці і напрамку ветра, тэмпературы паветра, атмасфернага ціску, колькасці ападкаў як у летні, так і ў зімовы перыяд. Уся вымяральная інфармацыя перадаецца праз GSM-канал на цэнтральны сервер праекта THEOREMS-Dnipro. Тэмп і расклад правядзення вымярэнняў змяняецца з дапамогай дыспетчарскіх пультоў для забяспечання магчымасці своечасовага рэагавання на ўзнікненне або пагрозу ўзнікнення надзвычайных сітуацый. Збор даных для станцыі АНМЕС у г.п. Лоеў ажыццяўляецца на двух вузлах: метэаралагічным (усталяваны на беразе ракі) і гідралагічным/экалагічным (усталяваны на паверхні вады на гідралагічным буі, а таксама ў якарнай сістэме гідралагічнага буя).

У якасці сістэмы кіравання базай даных для сервера праекта і Web-сервера абрана свабодна распаўсюджваемая рэляцыйная сістэма кіравання базамі даных (СКБД) MySQL. Да сервера з базай даных адначасова можа быць падключана некалькі кліентаў, з улікам гэтага арганізаваны асінхронны доступ да даных з забеспячэннем іх цэласнасці, што і дазваляе ажыццяўляць СКБД MySQL. У працэсе распрацоўкі быў праведзены пошук і аналіз існуючых сістэм кіравання базамі даных, інтэрфейсаў узаемадзеяння паміж аб'ектамі сістэмы, а таксама сістэм кіравання змесцівам сайта, якія адпавядалі патрабаваным крытэрыям. Выбрана сістэма кіравання змесцівам сайта Wordpress. На аснове выбранай сістэмы кіравання змесцівам сайта была распрацавана структура сервера баз даных і Web-інфармацыйная сістэма адлюстравання вымяральнай інфармацыі.

Распрацаваная сістэма можа выкарыстоўвацца для правядзення гідраметэаралагічных/экалагічных назіранняў, а таксама пры распрацоўцы іншых аўтаматызаваных станцый гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу адкрытых прыродных вадаёмаў.

Ключавыя словы: станцыя гідралагічнага/экалагічнага маніторынгу, вымяральная інфармацыя, Web-сайт, сістэма кіравання змесцівам сайта, база даных, сервер, кліент-серверная архітэктур, пратакол перадачы даных.

SYSTEM OF COLLECTION AND DISPLAY OF HYDROMETEOROLOGICAL/ENVIRONMENTAL INFORMATION OF AHMES STATIONS OF THE THEOREMS-DNIPRO PROJECT

**U. V. KRYSHNEY, A. V. SAHARUK, M. A. NESTIARENKA,
V. A. RAMNIEV, M. M. BYKAV**

*Educational Institution "Sukhoi State Technical University
of Gomel", the Republic of Belarus*

The developed AHMES measuring station allows automating hydrological, ecological and meteorological observations. The hardware complex provides measuring the level and temperature of water

in Dnieper River, the concentration of chlorides, nitrates, redox potential, pH level, wind's speed, heat and direction, atmospheric pressure, the amount of rainfall both in summer and winter periods. All measurement information is transmitted via GSM-channel to the central server of the project THEOREMS-Dnipro. The pace and schedule of measurements is changed using control panels to ensure timely response to emergencies or the threat of emergencies. Data collection for AHMES station in Loiev region is conducted on two units: meteorological (installed on the river bank) and hydrological/ecological (installed on the water surface on the hydrological buoy, as well as in the anchor system of the hydrological buoy).

The freely distributed relational database management system (DBMS) MySQL was chosen as the database management system for the project server and the Web server. Several clients can be connected to the server with the database at the same time, with this in mind asynchronous access to the data is organized to ensure their integrity, which allows the MySQL database. In the process of development, a search and analysis were conducted of existing database management systems, interfaces for interaction between system objects, as well as site content management systems that meet the required criteria.

Wordpress content management system is selected. Based on the selected site content management system, a database server structure and a Web information system for displaying measurement information were developed.

The developed system can be used for hydrometeorological/environmental observations, as well as for the development of other automated hydrometeorological and environmental monitoring stations for open natural reservoirs.

Keywords: the station of hydrologic/ecologic monitoring, measurement information, Web-site, site content management system, database, server, client-server architecture, data transfer protocol.

Уводзіны

У агульным аб'ёме ўсіх прыродных катастроф (засухі, землятрус, вывяржэнні вулканаў, штармы, апоўзні і інш.) 66 % складае шкода ад паводак [1], [2], што робіць актуальным стварэнне сістэм, здольных прагназаваць і папярэджаваць аб іх набліжэнні.

Паводкі – адны з самых маштабных стыхійных бедстваў, звязаныя з праходжаннем экстрэмальна высокіх поўняў, разводдзяў, гаспадарчай дзейнасцю (антрапагенныя паводкі). Рэжымы паводак на розных рэках маюць свае асаблівасці, якія залежаць галоўным чынам ад геаграфічных умоваў іх басейнаў. У ходзе паводак у некаторых выпадках маюць месца чалавечыя ахвяры, парушаюцца камунікацыйныя сувязі, выводзяцца з сельскагаспадарчага абароту землі, прычыняецца ўрон пабудовам [6].

Рэспубліка Беларусь і Украіна маюць больш за 600 км агульнай мяжы. Мяжу перасякае шмат рэк, такіх як Прыпяць, Сож, Буг і найбуйнейшая з іх – Дняпро. Паміж Урадам Рэспублікі Беларусь і Кабінетам Міністраў Украіны дзейнічае Пагадненне аб сумесным выкарыстанні і ахове трансгранічных вод ад 13 чэрвеня 2002 г. (далей – Пагадненне). Для рэалізацыі Пагаднення створаны і працуюць наступныя працоўныя групы:

- працоўная група па пытаннях эксплуатацыі Белаазёрскай водасілкуючай сістэмы Дняпро-Бугскага канала;
- працоўная група сумеснага выкарыстання водных рэсурсаў, праектавання, будаўніцтва і эксплуатацыі водагаспадарчых аб'ектаў;
- працоўная група аховы і кантролю якасці вод;
- працоўная група па гідраметэаралогіі.

Праект THEOREMS-Dnipro (Trans-boundary Hydro-mEteORological and Environmental Monitoring System of Dnipro river), які выконваўся спецыялістамі дзевяці арганізацый Украіны і Рэспублікі Беларусь у 2017–2019 гг., быў накіраваны на павышэнне эфектыўнасці сістэмы маніторынгу ракі Дняпро; павышэнне экалагічнай свядомасці насельніцтва і эфектыўнасці комплекснага кіравання трансгранічнымі воднымі рэсурсамі ракі Дняпро ў Чарнігаўскай і Гомельскай

абласцях. Па выніках праекта ўзведзены дзве новыя станцыі АНМЕС (Automated HydroMeteorolo-gical/Ecological Station) комплекснага маніторынгу (далей – станцыі), у выглядзе наступных інфраструктурных аб'ектаў:

- станцыя гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу АНМЕС (п.г.т. Любеч, Украіна);
- метэаралагічны вузел станцыі АНМЕС (г.п. Лоеў, Рэспубліка Беларусь);
- гідралагічны/экалагічны вузел станцыі АНМЕС (г.п. Лоеў, Рэспубліка Беларусь).

Станцыі АНМЕС з'яўляюцца аўтаматызаванымі і энергетычна аўтаномнымі (атрымліваюць сілкаванне ад энергіі Сонца), кіруюцца аддалена праз GSM-спалучэнне, аналагічным чынам перадаюць вымяральную інфармацыю на інфармацыйны сервер і, праз яго, – на Web-сайт праекта (мал. 1).



а)

б)

в)

Мал. 1. Фота станцый АНМЕС:

а – метэаралагічны вузел станцыі ў г.п. Лоеў; б – гідралагічны/экалагічны вузел станцыі ў г.п. Лоеў; в – станцыя гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу ў п.г.т. Любеч

Мэтай публікацыі з'яўляецца апісанне распрацаванай сістэмы збору і прадстаўлення гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральнай інфармацыі на сайце міжнароднага праекта «THEOREMS-Dnipro»: распрацоўка структуры сервера баз даных і Web-інфармацыйнай сістэмы адлюстравання вымяральнай інфармацыі.

Структура і прынцып работы сеткі назіранняў на аснове станцый АНМЕС

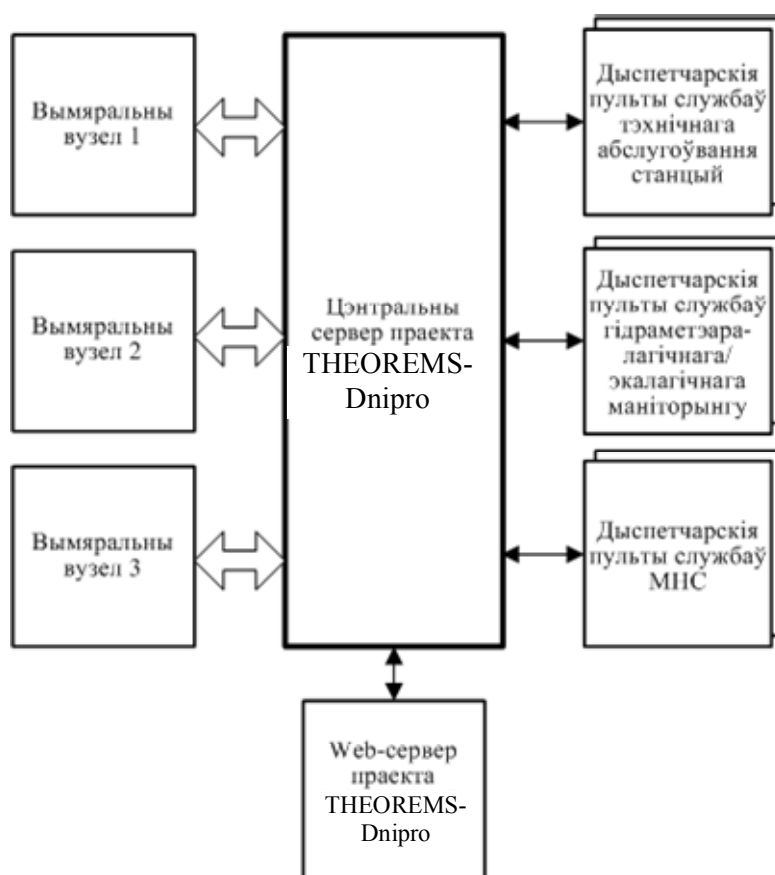
У сувязі з тым, што сённяшні стан гідралагічных пастоў не адпавядае сучасным патрабаванням, як па фарміраванні і перадачы інфармацыйных гідралагічных, экалагічных і метэаралагічных параметраў, так і па абагульненні вымяральнай інфармацыі, у рамках праекта THEOREMS-Dnipro праведзена мадэрнізацыя пунктаў гідралагічных назіранняў у Лоеве і Любечы, а ў перспектыве – і ўсёй сістэмы паводкавага маніторынгу ў напрамку павышэння ступені дакладнасці вымярэнняў і ўзроўню аўтаматызацыі. Гэта дасць магчымасць у рэжыме рэальнага часу адсочваць ўзровень вады ў вадаёмах, іх забруджванне і параметры паветра, што дазволіць своєчасова прымаць меры па папярэджанні або прадухіленні надзвычайных сітуацый.

Аўтаматызацыя пунктаў гідралагічных назіранняў заключаецца ў распрацоўцы апаратна-праграмачнага комплексу. Тэхнічныя рашэнні ўяўляюць сабой аўтаматы-

заванья станцыі гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу АНМЕС, у якіх замест састарэлых сродкаў вымярэння выкарыстоўваюцца сучасныя датчыкі, а таксама блокі збору і апрацоўкі інфармацыі. Праграмныя сродкі ўяўляюць сабой інфармацыйную сістэму, якая дазваляе апрацоўваць і захоўваць вымераныя даныя ў інфармацыйную базу, з далейшым прадастаўленнем інфармацыі праз Web-дадатак спажыўцам.

Інфармацыйная структура функцыянавання станцый АНМЕС рэалізавана паводле схемы «зорка» з цэнтральным серверам [3]–[5]. У склад дадзенай сістэмы ўваходзяць наступныя кампаненты (мал. 2):

- станцыя гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу АНМЕС (вымяральны вузел 1, п.г.т. Любеч);
- метэаралагічны вузел станцыі АНМЕС (вымяральны вузел 2, г.п. Лоеў);
- гідралагічны/экалагічны вузел станцыі АНМЕС (вымяральны вузел 3, г.п. Лоеў);
- цэнтральны сервер праекта THEOREMS-Dnipro;
- дыспетчарскія пульты службаў тэхнічнага абслугоўвання станцый;
- дыспетчарскія пульты службаў гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу;
- дыспетчарскія пульты службаў МНС;
- Web-сервер праекта.



Мал. 2. Інфармацыйная структура функцыянавання станцый АНМЕС

Вымяральныя станцыі АНМЕС у Лоеве і Любечы спраектаваны па падобнай структуры са спецыялізаванага вымяральнага абсталявання і сродкаў збору і перадачы даных. Да сродкаў збору і перадачы даных належаць кіравальны мікракантролер і аднаплатавы камп’ютар. Кіравальны мікракантролер ажыццяўляе збор вымяральнай інфармацыі з датчыкаў, адпраўку яе на аднаплатавы камп’ютар. У сваю чаргу,

аднаплатавы камп'ютар збірае даныя з кіравальнага мікракантролера, перадае іх на цэнтральны сервер праекта, а таксама ажыццяўляе работу па маніторынгу і кіраванню ўсёй станцыяй.

Цэнтральны сервер праекта (размешчаны ў Гомельскім дзяржаўным тэхнічным універсітэце імя П. В. Сухога) ажыццяўляе:

- цэнтралізаваны збор вымяральнай інфармацыі ад вымяральных станцый праекта THEOREMS-Dnipro, яе апрацоўку і захоўванне;
- абслугоўванне Web-сайта праекта THEOREMS-Dnipro;
- работу з дыспетчарскімі пультамі;
- кіраванне рэжымамі работы станцыі (інтэрвалы апытання датчыкаў, кантроль батарэй, заданне рэжымаў энергаашчаджэння і г. д.).

Web-сайт праекта прызначаны для азнаямлення насельніцтва трансгранічнага рэгіёна ракі Дняпро з вынікамі бягучых вымярэнняў. Ён атрымлівае вымяральныя даныя ўсіх станцый праекта THEOREMS-Dnipro праз цэнтральны сервер.

Дыспетчарскі пульт гідраметэаралагічных/экалагічных вымярэнняў ўяўляе сабой персанальны камп'ютар або любую аналагічную прыладу, абсталяваную маніторам, клавіятурай і аперацыйнай сістэмай сямейства Windows або Linux [4], [5]. Ён прызначаны для адлюстравання аперацыйнай і архіўнай інфармацыі па ўсіх відах вымярэнняў ад вымяральных станцый, а таксама для кантролю і кіравання рэжымамі работы кожнай станцыі праекта ў асобнасці. Колькасць дыспетчарскіх пультаў у сістэме можа быць рознай і залежыць ад канкрэтнай сітуацыі і вырашаемых задач. На першапачатковым этапе, пасля адладкі сістэмы, плануецца размяшчэнне па адным дыспетчарскім пульце ў рэгіянальнай або галаўной гідраметэаралагічнай службе Рэспублікі Беларусь і аналагічна – Украіны.

Дыспетчарскі пульт МНС уяўляе сабой камп'ютар або аналагічную прыладу, якая знаходзіцца ў распараджэнні МНС з усталяваным праграмным забеспячэннем. У праграмным забеспячэнні будзе рэалізавана аперацыйнае інфармаванне аб узнікненні або рызыцы ўзнікнення розных надзвычайных сітуацый у раёне, кантралюемым вымяральнымі станцыямі АНМЕС у Лоеве (Рэспубліка Беларусь) або Любечы (Украіна).

У адпаведнасці з прызначэннем станцыі АНМЕС у Лоеве, яе структура ўключае ў сябе два вузлы: метэаралагічны, які знаходзіцца на беразе, і гідралагічны/экалагічны вузел, які знаходзіцца на плывучай платформе (буі).

Сервер баз даных

Для буфера вымяральнага вузла станцыі выбрана свабодна распаўсюджваемая рэляцыйная сістэма кіравання базами даных (СКБД) SQLite. Чытанне і запіс у базу даных будзе ажыццяўляць толькі адзін кліент – сама станцыя. Аднаплатавы камп'ютар станцыі здымае паказанні з кіравальнага мікракантролера і абнаўляе праграмны буфер, з якога ў наступнай ітэрацыі цыклу адпраўкі даных інфармацыйны пакет будзе дасланы атрымальнікам. Станцыі маюць аўтаномнае сілкаванне, а даныя будуць адпраўляцца бесправадным спосабам, таму пастаяннае падтрыманне стану актыўнага далучэння да сеткі з'яўляецца энергазатратнай аперацыяй. Таксама захоўванне ў буферы вымяральных даных дазволіць у выпадку немагчымасці злучэння з сеткай або атрымальнікамі паўтарыць адпраўку пазней і не страціць гісторыю вымярэнняў.

У якасці сістэмы кіравання базами даных для сервера праекта і Web-сервера абрана свабодна распаўсюджваемая рэляцыйная СКБД MySQL [4], [5], [7]. Да сервера з базами даных адначасова можа быць падключана некалькі кліентаў (як вымяральныя вузлы станцыі, так і карыстальнікі), таму арганізаваны асінхронны доступ да даных з забеспячэннем іх цэласнасці, што і дазваляе ажыццяўляць СКБД MySQL.

База даных сервера змяшчае наступныя табліцы:

– табліца для захоўвання інфармацыі аб саміх станцыях (вымяральных вузлах): унікальны ідэнтыфікатар станцыі, статус станцыі, каардынаты размяшчэння на карце, знакавае імя станцыі;

– табліцы для захоўвання вымяральной інфармацыі (свая табліца для кожнага вымеранага параметра). Да кожнага вымярэння супастаўленыя: ідэнтыфікатар станцыі (вымяральнага вузла), з якой было прынята вымярэнне; час вымярэння; вымеранае значэнне;

– табліца захоўвання розных параметраў (унікальнае імя і значэнне параметра), неабходных для канфігурацыі сервера.

Вымяральная інфармацыя будзе захоўвацца за бесперапынны шматгадовы перыяд назірання, таму база даных спраектавана на высокую прадукцыйнасць і для паскарэння доступу выкарыстоўваюцца індэкс. Індэкс прымяняюцца для хуткага пошуку радкоў з паказаным значэннем аднаго (ці некалькіх) слупкоў. Без індэкса чытанне табліцы ажыццяўляецца па ўсёй табліцы, пачынаючы з першага запісу, пакуль не будуць знойдзеныя адпаведныя радкі. Па меры павялічэння табліцы прапарцыйна павялічацца інтэрвалы часу, неабходнага на мэталы пошук. Калі ж табліца змяшчае індэкс па разглядаемых слупках, то СКБД можа хутка вызначыць пазіцыю для пошуку ў сярэдзіне файла даных без прагляду ўсіх даных. Індэкс устанавлены на наступныя палі табліц: унікальны ідэнтыфікатар станцыі – вымяральнага вузла (ва ўсіх табліцах), час вымярэння параметру (у табліцах для захоўвання вымярэнняў), унікальнае імя параметра (у табліцы з параметрамі канфігурацыі).

Структура табліц базы даных прадстаўлена ў табл. 1 і 2.

Табліца 1

Структура табліцы stations

№ п/п	Імя	Тып	Даўжыня	Атрыбут	Каментарый
1	id	smallint	5	UNSIGNED	Лікавы ідэнтыфікатар станцыі
2	status	tinyint	1	UNSIGNED	Статус станцыі
3	update_time	timestamp		on update CURRENT_TIMESTAMP	Час абнаўлення інфармацыі
4	latitude	double			Геаграфічная шырата размяшчэння станцыі
5	longitude	double			Геаграфічная даўгата размяшчэння станцыі
6	name	varchar	32		Сімвалічнае імя станцыі

Табліца 2

Структура табліцы data

№ п/п	Імя	Тып	Даўжыня	Атрыбут	Каментарый
1	time	timestamp			Час вымярэнняў
2	station_id	smallint	5	UNSIGNED	Лікавы ідэнтыфікатар станцыі
3	redox	smallint	4		Значэнне вымярэння акісляльна-аднаўленчага патэнцыяла, мВ
4	chloride	tinyint	3	UNSIGNED	Значэнне вымярэння канцэнтрацыі хларыдаў, мг/л

Заканчэнне табл. 2

№ п/п	Імя	Тып	Даўжыня	Атрыбут	Каментарый
5	nitrate	tinyint	3	UNSIGNED	Значэнне вымярэння канцэнтрацыі нітратаў, мг/л
6	lvlWater	smallint	4		Значэнне вымярэння ўзроўню вады, мм
7	humidity	tinyint	3	UNSIGNED	Значэнне вымярэння вільготнасці, %
8	pressure	smallint	4	UNSIGNED	Значэнне вымярэння атмасфернага ціску, гПа
9	directionWind	smallint	3	UNSIGNED	Напрамак ветру ў градусах адносна станцыі, поўнач = 0, па гадзіннікавай стрэлцы
10	windSpeed	tinyint	3	UNSIGNED	Значэнне вымярэння хуткасці ветру, м/с
11	precipitation	tinyint	3	UNSIGNED	Значэнне вымярэння колькасці ападкаў, мм
12	precType	tinyint	1		Тып ападкаў (0 – няма ападкаў, 1 – дождж, 2 – снег)
13	ph	float		UNSIGNED	Значэнне вымярэння pH
14	tempWater	float			Значэнне вымярэння тэмпературы вады, °C
15	tempAir	float			Значэнне вымярэння тэмпературы паветра, °C
16	rad	float		UNSIGNED	Значэнне вымярэння радыяцыйнага фону, мкЗв/г

Для павялічэння прадукцыйнасці пошуку даных у базе даных на некаторыя палі ўстаноўлены індэксy. Паскарэнне работы з выкарыстаннем індэксаў дасягаецца за кошт таго, што індэкс мае структуру, аптымізаваную пад пошук, у выглядзе бінарнага дрэва [8]. Таксама індэксy з тыпамі PRIMARY і UNIQUE выкарыстоўваюцца для недапушчэння дадання дублюючай інфармацыі ў базу даных на ўзроўні СКБД. Індэксy табліц базы даных прадстаўлены ў табл. 3.

Табліца 3

Індэксy табліц базы даных

Табліца	Слупок	Тып індэксу	Каментарый
stations	id	PRIMARY	Выкарыстоўваецца для больш хуткай выбаркі пры атрыманні інфармацыі аб канкрэтных станцыях (вымяральных вузлах)
data	time	UNIQUE	Выкарыстоўваецца для больш хуткай выбаркі пры атрыманні пакетаў даных па даце або па даце і станцыях. Таксама не дазваляе дадаць аднолькавыя пакеты даных (па часе вымярэння і ідэнтыфікатары станцыі) на ўзроўні СКБД
	station_id		
data	station_id	INDEX	Выкарыстоўваецца для больш хуткай выбаркі пры атрыманні пакетаў даных па станцыях. Дадаткова выкарыстоўваецца ў якасці знешняга ключа. Такі знешні ключ дазваляе адпрэчваць пакеты даных з невядомым ідэнтыфікатарам станцыі (якога няма ў табліцы stations) на ўзроўні СКБД

Web-сервер

Паводле кліент-сервернай архітэктурны ініцыялізатарам запыту з'яўляецца кліент [7]. Сервер, працуючы бесперапынна, чакае ад кліентаў запыт. Пасля атрымання запыту сервер павінен яго апрацаваць, а затым выдаць адказ. Найбольш распаўсюджанае свабоднае праграмнае забеспячэнне (ПЗ) Web-сервераў – Apache і Nginx.

Apache і Nginx – два самых шырока распаўсюджаных у свеце Web-серверы з адкрытым зыходным кодам. Разам яны абслугоўваюць больш за 50 % трафіку ва ўсім інтэрнэце. Абодва рашэнні здольныя працаваць з разнастайнымі працоўнымі нагрузкамі і ўзаемадзейнічаць з іншымі дадаткамі для рэалізацыі поўнага Web-стэка. Нягледзячы на тое, што ў Apache і Nginx шмат падобных якасцяў, іх нельга разглядаць як цалкам узаемазамяняльныя рашэнні, і кожны з іх мае ўласныя перавагі. Адно з самых істотных адрозненняў паміж Apache і Nginx складаецца ў тым, як яны апрацоўваюць злучэнні і адказваюць на розныя віды трафіку.

Адміністратарамі Web-сервераў часцей за ўсё абіраецца ПЗ Apache праз яго гнуткасць, магутнасць і шырокі распаўсюд. Ён можа быць пашыраны з дапамогай сістэмы дынамічна загрузаных модуляў і выконваць праграмы на вялікай колькасці інтэрпрэтаваных моў праграмавання без выкарыстання вонкавага праграмнага забеспячэння.

Nginx пачаў набіраць папулярнасць з моманту рэлізу дзякуючы сваёй легкаважнасці і магчымасці лёгка маштабавацца на мінімальным апаратным забеспячэнні. Nginx выглядае аптымальным пры аддачы статычнага кантэнту і спраектаваны так, каб перадаваць дынамічныя запыты іншаму ПЗ, прызначанаму для іх апрацоўкі.

Кліент, якім звычайна з'яўляецца Web-браўзэр – прыкладное праграмнае забеспячэнне для запыту, апрацоўкі, маніпулявання і адлюстравання зместу Web-сайтаў, перадае Web-серверу запыты на атрыманне рэсурсаў, пазначаных URL-адрасамі. Рэсурсы – гэта HTML-старонкі, малюнкi, файлы, медыя-патокі або іншыя даныя, неабходныя кліенту. Гэты абмен адбываецца паводле пратакола HTTP.

Сервер, атрымаўшы запыт ад кліента, запуская працэдуру апрацоўкі запыту і пераходзіць да чакання паступлення наступнага запыту. Такім чынам, сервер можа абслугоўваць мноства кліентаў адначасова. Апрацоўка запыту ўключае ў сябе атрыманне даных ад кліента, перадачу даных праграме-інтэрпрэтатару для апрацоўкі і атрыманне адказу ад праграмы-інтэрпрэтатара для перадачы адказу кліенту на яго запыт. Праграма-інтэрпрэтатар ў адпаведнасці з пэўнымі алгарытмамі выконвае апрацоўку запыту.

Станцыі (вымяральныя вузлы) у агульным выпадку могуць быць размешчаны каля маланаселеных месцаў, у якіх перадача даных з дапамогай тэхналогіі GSM можа весціся на нізкіх хуткасцях. Таму ў якасці ПЗ Web-сервера у праекце выкарыстана свабодна распаўсюджваемае ПЗ Nginx. Гэтае ПЗ спажывае менш сістэмных рэсурсаў, чым Apache, у тым ліку пры падтрымцы запытаў з павольнай перадачай даных [8]. Неабходнай з'яўляецца наладка Web-сервера, каб ён чакаў злучэнні (запыты), на порты 80 (для HTTP-запытаў) і 443 (для HTTPS-запытаў). Наступным этапам з'яўляецца стварэнне канфігурацыйных файлаў для работы прыватнага і публічнага API, потым – уключэнне падтрымкі сціскання даных (gzip).

Дадаткова, для паляпшэння бяспекі, з дапамогай утыліты UFW (Uncomplicated Firewall) ладзіцца сеткавы фільтр, які выкарыстоўваецца для фільтрацыі сеткавага трафіку, перадаванага ў сервер, або праз сервер [39].

Канфігурацыя прадугледжвае:

- дазвол выкарыстання злучэння толькі па транспартным пратаколе TCP;
- адкрыццё ўсіх выходных портаў, каб любое ПЗ на серверы змагло выкарыстоўваць выходныя злучэнні;
- змяненне стандартнага порта для аддаленага адміністравання (SSH) на 2233;
- закрыццё усіх уваходных портаў, акрамя выкарыстоўваемага Web-серверам (80 і 443) і порта для выдаленага адміністравання (2233).

У якасці мовы праграмавання выкарыстана Web-арыентаваная скрыптовая мова агульнага прызначэння (мова сцэнарыяў) PHP. Мовы сцэнарыяў звычайна інтэрпрэтуюцца, а не кампілююцца [7]. Для гэтага ўсталёўваецца FastCGI-сервер FPM (FastCGI Process Manager). FPM – гэта менеджэр працэсаў FastCGI, які дазваляе арганізаваць групу працэсаў для інтэрпрэтацыі PHP сцэнарыяў. Менеджэр (майстар-працэс) кіруе даччынымі працэсамі, стварае дадатковыя працэсы пры іх недахопе і знішчае старыя працэсы, каб прадухіліць уцечкі памяці. Праз FastCGI (Fast Common Gateway Interface) – спецыяльны кліент-серверны пратакол, Web-сервер (Nginx) і FastCGI-сервер (FPM) узаемадзейнічаюць паміж сабой. Пасля атрымання запыту і папярэдняй апрацоўкі Web-сервер перадае запыт на далейшую апрацоўку менеджару працэсаў і чакае адказу для адпраўкі кліенту. Праграмае забеспячэння для работы праграмага інтэрфейса дадатка (Application Programming Interface, API) патрабуе ўсталявання інтэрпрэтатара версіі 7.1.

Для работы з базай даных неабходна ўсталяванне свабодна распаўсюджваемай СКБД MySQL версіі 5.6.40.

Усталяванае ПЗ падтрымліваецца распрацоўнікамі, а таксама дазваляе ў далейшым размясціць Web-сайт праекта на гэтым серверы. Мова PHP мае ўбудаваныя функцыі для работы з абранай СКБД, апрацоўкай фармату JSON, стварэння хэша паводле алгарытма MD5 і іншыя неабходныя ўласцівасці [7].

Распрацоўка Web-сайта праекта

У якасці сістэмы кіравання кантэнтам (CMS) Web-сайта праекта выкарыстаны WordPress, напісаны на Web-арыентаванай скрыптовай мове агульнага прызначэння PHP, з выкарыстаннем СКБД MySQL. Яго выбар абгрунтаваны тым, што гэта бясплатнае праграмае забеспячэнне з адкрытым зыходным кодам, якое рэгулярна абнаўляецца і падтрымліваецца распрацоўнікамі.

Інфармацыя аб вымярэннях будзе паступаць на сайт з дапамогай інтэрфейса API, які дазваляе ўзаемадзейнічаць з базами даных (БД) праз каманды, якія вызначаны загадзя.

Даныя ад станцыі, падпісаныя сакрэтным ключом, будуць перадавацца да прыватнага API. Подпіс дазваляе спраўдзіць атрыманыя даныя. З дапамогай публічнага API даныя змогуць атрымлівацца іншымі арганізацыямі (напрыклад, Белгідрамет, упраўленні і раённыя аддзелы МНС), а таксама выводзіцца на Web-сайт.

Іншыя агульнадаступныя API часцей за ўсё фарміруюць для перадачы даных ў адным з двух фарматаў:

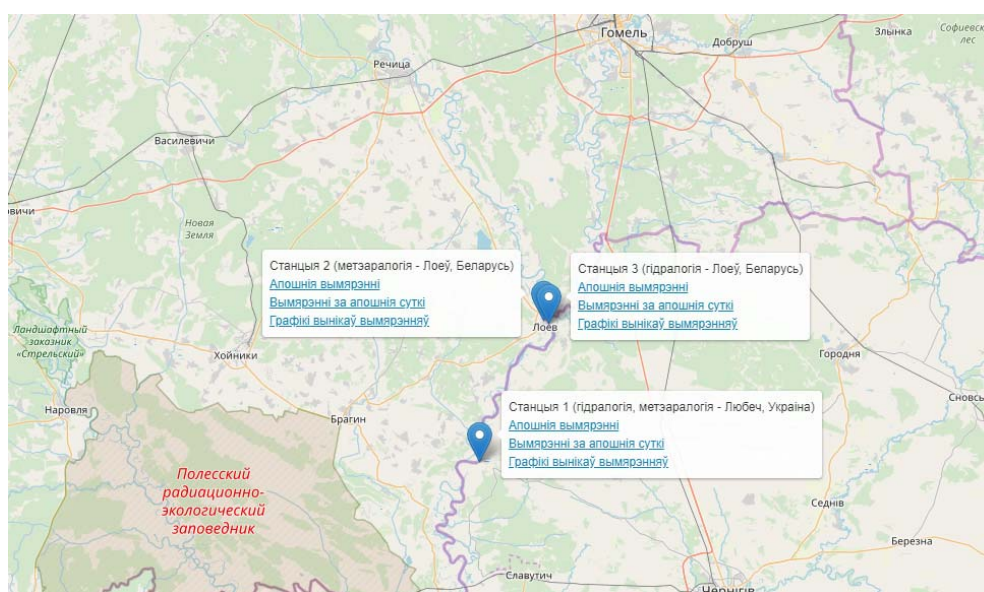
- фармат пашыраемай мовы разметкі (eXtensible Markup Language, XML);
- тэкставы фармат абмену данымі, аснованы на JavaScript (JavaScript Object Notation, JSON).

У праекце выкарыстоўваецца фармат JSON, які, праз сваю лаканічнасць ў параўнанні з XML, можа быць больш прыдатным для серыялізацыі складаных структур. Калі казаць пра Web-праграмы, у такім ключы ён дарэчны ў задачах абмену данымі, як паміж браўзерам і серверам, так і паміж самімі серверамі (праграмыя HTTP-спалучэнні).

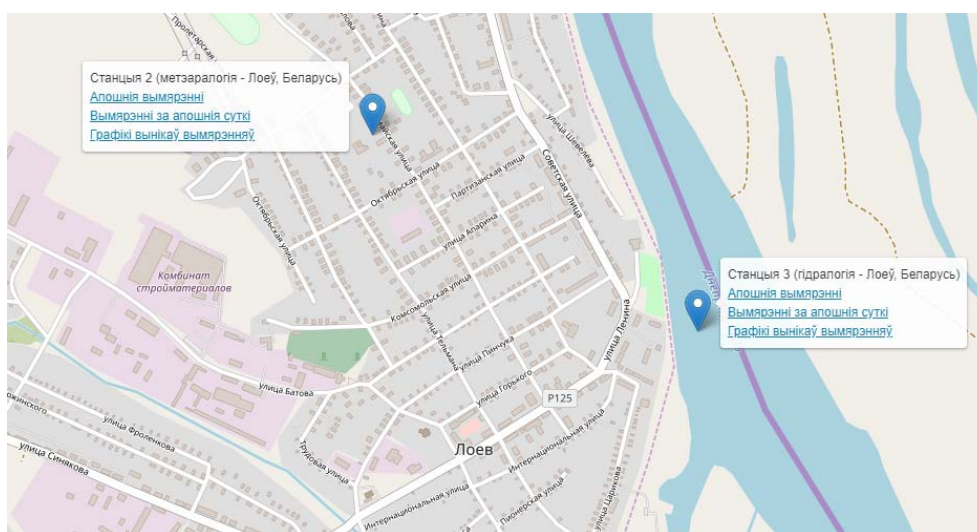
Выкарыстоўваецца: СКБД – MySQL 5.7; інтэрпрэтатар – PHP7, версіі 7.2 з модулямі для работы з JSON, HASH і іншымі модулямі для карэктнай работы CMS WordPress; Web-сервер – Apache 2.4 або вышэй з mod_mysql, mod_xml, mod_zlib, mod_rewrite і ўключанай падтрымкай htaccess.

Сайт забяспечвае:

- адлюстраванне навін;
- захоўванне інфармацыйных карт з месцаваннем станцый (вымяральных вузлоў) АНМЕС (мал. 3);
- вывад актуальнай інфармацыі, атрыманай са станцый (вымяральных вузлоў) АНМЕС (мал. 4);
- магчымасць прагляду гісторыі вымярэнняў у вызначаныя прамежкі часу (мал. 5);
- адлюстраванне графікаў (мал. 6).



а)



б)

Мал. 3. Выгляд старонкі Web-сайта праекта, на якой выбіраюцца станцыі АНМЕС у розных маштабах

Для адлюстравання графікаў на сайце выкарыстоўваецца бібліятэка Chart.JS – адмысловы інструмент, які прызначаны для стварэння графікаў і дыяграм. Дадзеная бібліятэка дазваляе без адмысловай работы ствараць графікі і дыяграмы любога тыпу, а таксама выбудоўваць даныя на дыяпазоне часу і лагарыфмічнай шкале. Таксама ў яе ўбудаваныя сродкі работы з анімацыяй, што дазволіць эфектыўна відазмяняць графікі ў залежнасці ад новых даных, а таксама нескладана кіраваць колерам і стылямі вываду графікаў.

Для зручнасці навігацыі паміж станцыямі выкарыстоўваецца Web-картаграфічны праект OpenStreetMap, які дазваляе ствараць зручныя інфармацыйныя карты. На карце нанесеныя пазнакі станцый у адпаведнасці з іх рэальным месцазнаходжаннем. На пазнаках маюцца інфармацыйныя падказкі, пры націсканні на якія карыстальнік можа перайсці на старонку з графікамі вымярэнняў, старонку апошніх вымярэнняў і вымярэнняў за апошнія суткі.

Табліца вымярэнняў за апошнія суткі адлюстроўвае гідралагічныя і экалагічныя параметры, асярэдненыя за 10-хвілінны інтэрвал (мал. 4).

Станцыя AHMES (метэаралогія — р. Дняпро, Лоеў, Беларусь)

Апошнія вымярэнні:

Параметры	Значэнні	Дата замеры
Тэмпература паветра, °C	13.8	2019-11-05 12:42:51
Вільготнасць паветра, %	79.2	2019-11-05 12:42:51
Атмасферны ціск, гПа	984.9	2019-11-05 12:42:51
Напрамак ветру, °	Паўднёва-заходні (243.3 °C)	2019-11-05 12:42:51
Хуткасць ветру, м/с	3.8	2019-11-05 12:42:51
Інтэнсіўнасць ападкаў, мм/гадзіна	0	2019-11-05 12:42:51
Тып ападкаў	☹ (Няма ападкаў)	2019-11-05 12:41:57

Мал. 4. Вывад актуальнай інфармацыі, атрыманай са станцый (вымяральных вузлоў) AHMES

Станцыя AHMES (метэаралогія — р. Дняпро, Лоеў, Беларусь)

Вымярэнні па днях:

Выберыце дату: 04.11.2019 [Атрымаць даныя](#)

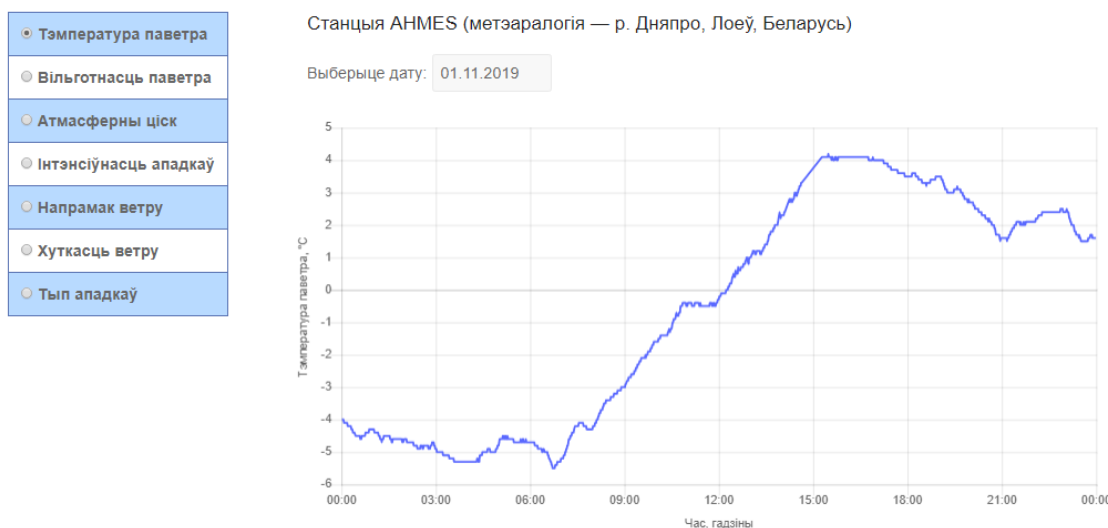
Метэаралагічныя параметры

2019-11-04	08:00	03:00	08:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Тэмпература паветра, °C	10.56	10.82	10.79	10.39	12.09	13.52	13.32	12.75
Вільготнасць паветра, %	92.88	94.81	96.1	96.53	93.05	89.15	90.83	95.22
Атмасферны ціск, гПа	991.29	990.52	989.77	989.16	988.27	986.8	986	985.07
Напрамак ветру, °	Паўднёва-ўсходні (152.36 °C)	Паўднёва-ўсходні (150.05 °C)	Паўднёва-ўсходні (147.69 °C)	Паўднёва-ўсходні (146.21 °C)	Паўднёва-ўсходні (151 °C)	Паўднёва-ўсходні (147.98 °C)	Паўднёва-ўсходні (147.05 °C)	Паўднёва-ўсходні (149.21 °C)
Хуткасць ветру, м/с	2.42	2.58	2.45	2.51	2.68	2.23	2.68	2.76
Інтэнсіўнасць ападкаў, мм/гадзіна	0	0.02	0.01	0	0	0	0	0
Тып ападкаў	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)	☹ (Няма ападкаў)

Мал. 5. Прагляд гісторыі вымярэнняў, атрыманых са станцый (вымяральных вузлоў) у вызначаныя прамежкі часу

Станцыя АНМЕС (метэаралогія — р. Дняпро, Лоеў, Беларусь)

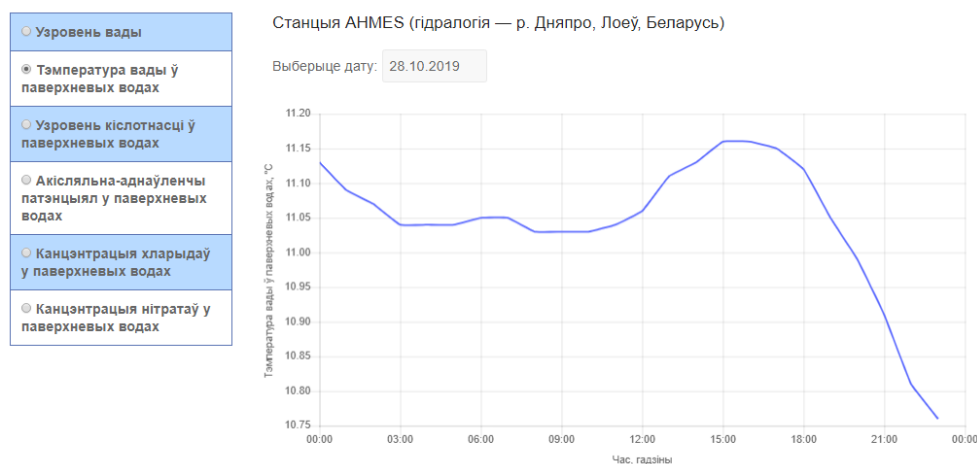
Графікі вымярэнняў:



а)

Станцыя АНМЕС (гідралогія — р. Дняпро, Лоеў, Беларусь)

Графікі вымярэнняў:



б)

Мал. 6. Выгляд старонак Web-сайта праекта з адлюстраваннем графікаў вымярэнняў тэмпературы паветра (а) і тэмпературы вады ў паверхневых водах (б) за суткі

Важная вартасць сайта заключаецца ў тым, што Web-дадатак з гідра-метэаралагічнымі і экалагічнымі вымярэннямі можа працаваць незалежна ад асноўнага сайта з навінамі. Ён распрацаваны з выкарыстаннем вышэйзгаданых сродкаў Web-праграмавання, без выкарыстання гатовых CMS. Такі падыход дазваляе карыстальнікам і мэтавым арганізацыям атрымліваць вымяральную інфармацыю нават у выпадку тэхнічных работ на асноўным сайце з навінамі.

Заклучэнне

Такім чынам, можна зрабіць наступныя высновы:

1. Аўтаматызаваная станцыя гідраметэаралагічных і экалагічных назіранняў АНМЕС дае магчымасць:

- бесперапынна вымяраць узровень вады ракі Дняпро, а таксама іншыя экалагічныя, гідра- і метэаданыя;
- перадаваць сабраную інфармацыю на цэнтральны сервер праекта THEOREMS-Dnipro;
- рэалізоўваць апрацоўку і візуалізацыю даных;
- прадастаўляць зручны інтэрфейс доступу карыстальнікам сістэмы да бягучай і архіўнай гідраметэаралагічнай і экалагічнай інфармацыі;
- інфармаваць службовыя асобы Рэспублікі Беларусь і Украіны аб надыходзе неспрыяльных або небяспечных умоваў навакольнага асяроддзя і дакладна выяўляць крыніцу гэтай небяспекі.

2. Збор даных для станцыі АНМЕС у г.п. Лоеў ажыццяўляецца на двух вузлах: метэаралагічным (усталяваны на беразе ракі) і гідралагічным/экалагічным (усталяваны на паверхні вады на гідралагічным буі, а таксама ў якарнай сістэме гідралагічнага буя). Даныя з метэаралагічнага і гідралагічнага вузлаў апрацоўваюцца на мікракантролерах і аднаплатавых камп'ютарах і адпраўляюцца на цэнтральны сервер пры дапамозе GSM-модулей.

3. У якасці сістэмы кіравання базай даных для сервера праекта і Web-сервера абрана свабодна распаўсюджваемая рэляцыйная сістэма кіравання базамі даных (СКБД) MySQL. Да сервера з базай даных адначасова можа быць падключана некалькі кліентаў, з улікам гэтага арганізаваны асінхронны доступ да даных з забеспячэннем іх цэласнасці, што і дазваляе ажыццяўляць СКБД MySQL.

4. Пры рэалізацыі Web-сервера праекта у якасці мовы праграмавання выкарыстана Web-арыентаваная скрыптовая мова агульнага прызначэння (мова сцэнарыяў) PHP.

5. У якасці сістэмы кіравання кантэнтам Web-сайта праекта выкарыстаны WordPress, напісаны на Web-арыентаванай скрыптовай мове агульнага прызначэння PHP, з выкарыстаннем СКБД MySQL.



The project is co-funded
by the European Union

Літаратура

1. A real-time flood monitoring system based on GIS and hydrological model / Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT), 2010 International Conference (IEEE), Wuhan, 17–18 July 2010. – Vol. 1. – P. 605–608.
2. Complete kits for flood monitoring and alerts / Argonaut and EcoNet are trademarks of YSI Incorporated. – 2010. – Рэжым доступу: <http://www.ysi.com/media/pdfs/E99-Flood-Alert-Monitoring-brochure.pdf>. – Дата доступу: 02.02.2015.
3. Распрацоўка аўтаматызаванай станцыі гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу (АНМЕС) у рамках міжнароднага праекта «THEOREMS-Dnipro» / Ю. В. Крышнёў [і інш.] // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2018. – С. 168–170.
4. Нестеренко, М. А. Разработка баз данных для проекта THEOREMS-Dnipro / М. А. Нестеренко, А. В. Сахарук, Ю. В. Крышнев // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар.

- науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2019. – С. 327–331.
5. Сістэма збору і прадстаўлення на Web-сайце гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральной інфармацыі / М. А. Несцярэнка [і інш.] // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2018. – С. 382–385.
 6. Паводкі ў Беларусі // БелТА. – 2018. – Рэжым доступу: <https://www.belta.by/all-rubric-news/viewSuzet/pavodki-v-belarusi-341>. – Дата доступу: 14.04.2019.
 7. Рейтинг СКБД 2016. – Рэжым доступу: <http://tagline.ru/database-management-systems-rating/>. – Дата доступу: 11.11.2018.
 8. СКБД SQLite. – Рэжым доступу: <https://sites.google.com/site/javatokens/sqlite>. – Дата доступу: 09.11.2018.

Получено 04.11.2020 г.