

МІНІСТЭРСТВА АДУКАЦЫІ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ  
УСТАНОВА АДУКАЦЫІ  
«ГОМЕЛЬСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ ТЭХНІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ  
ІМЯ П.В. СУХОГА»  
КАФЕДРА «Прамысловая электроніка»

УДК 551.579:504.75:621.317.39.084.2:620.91:004.65

На правах рукапісу

РАМНЁЎ Уладзімір Аляксандравіч

**СІСТЭМА ЗБОРУ, АПРАЦОЎКІ І РАСПАЎСЮДЖВАННЯ  
ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНАЙ І ЭКАЛАГІЧНАЙ ІНФАРМАЦЫІ  
ДЛЯ ПРАЕКТА THEOREMS-DNIPRO**

ДЫСЕРТАЦЫЯ

на атрыманне акадэмічнай ступені  
магістра тэхнічных навук  
па спецыяльнасці 1- 53 80 01 «Аўтаматызацыя і кіраванне тэхналагічнымі  
працэсамі і вытворчасцямі»

Навуковы кіраўнік:  
к.т.н., дацэнт Крышнёў Ю.В.

Нормакантралёр:  
к.т.н., дацэнт Крышнёў Ю.В.

Гомель 2019

## Змест

<b>УВОДЗІНЫ</b> .....	3
<b>АГУЛЬНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА РАБОТЫ</b> .....	6
<b>РАЗДЗЕЛ 1 АНАЛІТЫЧНЫ АГЛЯД ПРЫНЦЫПАЎ, МЕТАДАЎ І СІСТЭМ ЭКАЛАГІЧНАГА МАНІТОРЫНГУ</b> .....	8
1.1 ПАНЯЦЦЕ І ВІДЫ ЭКАЛАГІЧНАГА МАНІТОРЫНГУ.....	8
1.2 МЕТАДЫ ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНАГА МАНІТОРЫНГУ.....	10
1.3 СІСТЭМА МАНІТОРЫНГУ ГІДРАЛАГІЧНАЙ АБСТАНОЎКІ БЕЛАРУСІ І УКРАІНЫ І ПЕРСПЕКТЫВЫ ЯЕ ЎДАСКАНАЛЕННЯ.....	14
<b>РАЗДЗЕЛ 2 ДАТЧЫКІ ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ І ЭКАЛАГІЧНЫХ ПАРАМЕТРАЎ</b> .....	17
2.1 ДАТЧЫКІ ЎЗРОЎНЮ ВАДЫ .....	17
2.2 ДАТЧЫКІ ЭКАЛАГІЧНАГА СТАНУ ВАДЫ.....	22
2.3 ДАТЧЫКІ ТЭМПЕРАТУРЫ, ВІЛЬГОТНАСЦІ ПАВЕТРА, АТМАСФЕРНАГА ЦІСКУ, АПАДКАЎ І ВЕТРУ .....	27
2.4 ДАТЧЫКІ АПАДКАЎ .....	32
<b>РАЗДЗЕЛ 3 АНАЛІЗ СІСТЭМ КІРАВАННЯ БАЗАМІ ДАНЫХ. СТРУКТУРА БАЗЫ ДАНЫХ</b> .....	35
3.1 МАДЭЛІ БАЗ ДАНЫХ.....	35
3.2 АНАЛІЗ СІСТЭМ КІРАВАННЯ БАЗАМІ ДАНЫХ .....	36
3.2.1 Oracle Database.....	36
3.2.2 Microsoft Access.....	37
3.2.3 MS SQL Server .....	38
3.2.4 Sybase Adaptive Server Enterprise.....	38
3.2.5 ЛИНТЕР .....	49
3.2.6 MySQL.....	49
3.2.7 IBM Database 2.....	40
3.2.8 Firebird .....	40
3.2.9 Interbase .....	41
3.2.10 SQLite .....	42
3.3 СТРУКТУРА БАЗЫ ДАНЫХ .....	42
<b>РАЗДЗЕЛ 4 ПАБУДОВА ІНТЭРФЕЙСАЎ ЎЗАЕМАДЗЕЯННЯ ПАМІЖ АБ'ЕКТАМІ СІСТЭМЫ</b> .....	44
4.1 ПРЫЗНАЧЭННЕ І ВОБЛАСЦЬ ВЫКАРЫСТАННЯ .....	44
4.2 СТРУКТУРА І ПРЫНЦЫП РАБОТЫ .....	45
4.3 РАСПРАЦОЎКА WEB-СЭРВІСУ.....	49
4.4 АДНАПЛАТАВЫ КАМП'ЮТАР SBC-A62-J SYSTEM.....	52
4.5 GSM-МОДУЛЬ NEOWAY N720 .....	55
4.6 СІСТЭМА СІЛКАВАННЯ СТАНЦЫІ.....	58
<b>ЗАКЛЮЧЭННЕ</b> .....	63
<b>БІБЛІАГРАФІЧНЫ СПІС</b> .....	65

## УВОДЗІНЫ

Сярод усіх прыродных катастроф (засухі, землятруссы, вывяржэнні вулканаў, штормы, апоўзні і інш.) 66% складае шкода ад паводак, што робіць актуальным стварэнне сістэм, здольных прагназаваць і папярэджаць аб яго набліжэнні.

Паводкі – адно з самых маштабных стыхійных бедстваў, звязанае з праходжаннем экстрэмальна высокіх поўняў, разводдзяў, гаспадарчай дзейнасцю (антрапагенныя паводкі). Рэжымы паводак на розных рэках маюць свае асаблівасці, якія залежаць галоўным чынам ад геамарфалагічных умоваў іх басейнаў. У ходзе паводак у некаторых выпадках маюць месца чалавечыя ахвяры, парушаюцца камунікацыйныя сувязі, выводзяцца з сельскагаспадарчага абароту зямлі, прычыняецца ўрон пабудовам [1].

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 Дняпра-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.

29 лістапада 2017 г. падпісаны грант-кантракт Еўрапейскага Саюза 83265669 на выкананне праекта «THEOREMS-Dnipro. Трансгранічная сістэма гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу ракі Дняпро» (далей – «THEOREMS-Dnipro») у рамках праграмы Тэрытарыяльнага супрацоўніцтва «Беларусь-Украіна» Усходняга Партнёрства (зарэгістраваны ў Рэспубліцы Беларусь, як праект міжнароднай тэхнічнай дапамогі Пастановай Савета Міністраў № 700 ад 26.09.2018). Адною з глабальных мэтаў гэтага праекта з'яўляецца пашырэнне супрацоўніцтва паміж арганізацыямі Украіны і Рэспублікі Беларусь, якія кантралююць і абменьваюцца інфармацыяй аб гідраметэаралагічных і экалагічных умовах трансгранічных водных рэсурсаў. У прыватнасці, плануецца, што профіль дзейнасці сумеснай беларуска-ўкраінскай працоўнай групы па гідраметэаралогіі, якая дзейнічае ў рамках Пагаднення, будзе ўдасканалены за кошт пашырэння спектра пытанняў, якія адносяцца да галіны аўтаматызацыі вымярэнняў.

Неабходна адзначыць, што ў іншых краінах існуюць шматлікія трансгранічныя дзяржаўныя і грамадскія арганізацыі, якія маюць справу з забруджваннем вады і сумесным выкарыстаннем трансгранічных водных рэсурсаў, такія, напрыклад, як Міжнародная камісія па абароне ракі Одра ад забруджвання [1]. У адпаведнасці з Канвенцыяй аб Законе пра нясудаходныя віды карыстання міжнароднымі вадацёкамі, такая трансгранічная арганізацыя павінна выконваць некаторыя функцыі, сярод якіх:

- 1) забор, апрацоўка і ацэнка даных з мэтай выяўлення крыніц забруджвання, якія генеруюць трансгранічнае ўздзеянне;
- 2) распрацоўка сумесных праграм маніторынгу якасці і колькасці водных рэсурсаў;
- 3) распрацоўка працэдур папярэджвання і паведамлення самым аператыўным з наяўных сродкаў патэнцыйна закранутых дзяржаў і кампетэнтных міжнародных арганізацый аб любой надзвычайнай сітуацыі, якая ўзнікла ў межах сваёй тэрыторыі (паводкі, забруджванні вады і г.д.).

Аптымальным тэхнічным рашэннем для рэалізацыі комплекснага маніторынгу гідраметэаралагічных і экалагічных параметраў з'яўляецца выкарыстанне аўтаматызаваных аўтаномных станцый. Паводле [2], аўтаматычная (аўтаматызаваная) станцыя – гэта ўстаноўка, абсталяванне якой запісвае, а ў асобных выпадках і перадае назіранні аўтаматычна.

Навукова-інжынерная дзейнасць у рамках праекта «THEOREMS-Dnipro» ў асноўным арыентавана на распрацоўку аўтаматызаваных станцый гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу АНМЕС (Automated HydroMeteorological / Ecological Station) з бесправадным злучэннем для перадачы вымяральной інфармацыі. Гэтыя станцыі плануецца ўзвесці ў месцах шматгадовых гідралагічных назіранняў у г.п. Лоеў (Беларусь) і п.г.т. Любеч (Украіна).

Па стане на канец 2017 г. гідрапасты ў Лоеве і Любечы не адпавядалі сучаснаму ўзроўню развіцця дадзенага класа тэхнікі. Яны мелі абсталяванне, для абслугоўвання якога чалавек з ліку персаналу павінен быў рабіць вымярэнні «па месцы» кожны дзень. Ажыццяўляць гэта значна складаней у выпадку неспрыяльных умоваў надвор'я або ў вясновы пярыяд, калі ўзровень вады змяняецца кожную гадзіну.

Інфармацыя ад станцый АНМЕС будзе перадавацца праз бесправаднае злучэнне (GSM/GPRS) на сервер праекта і захоўвацца ў базе даных. Web-дастасаванне будзе запушчана на серверы, і ў рэжыме рэальнага часу будзе адлюстроўваць атрыманыя даныя. Гэтыя даныя і само Web-дастасаванне стануць базай для далейшага развіцця інтэграванага кіравання воднымі рэсурсамі ракі Дняпро паміж Украінай і Рэспублікай Беларусь. Гэтую сістэму таксама можна

рэалізаваць і ў іншых месцах для сумеснага кіравання воднымі рэсурсамі (Сож, Прыпяць, Буг). Такім чынам, праект будзе мець працяглы эффект у будучыні, таму што прапанаваная сістэма можа быць пашырана за кошт выкарыстання дадатковых станцый АНМЕС у Беларусі і Украіне. Яе аналагі змогуць выкарыстоўвацца і для кантролю трансгранічных водных рэсурсаў замежных краін. Варта адзначыць, што такая комплексная сістэма маніторынгу і кіравання можа паслужыць асновай для прадухілення патэнцыйных канфліктаў у выпадку забруджвання вады ў трансгранічным рэгіёне. Гідрапост у Лоеве (Рэспубліка Беларусь) каля граніцы Украіны і Беларусі зможа дакладна вызначыць, на тэрыторыі якой з краін знаходзіцца крыніца забруджвання навакольнага асяроддзя.

Важнай задачай праекта «THEOREMS-Dnipro» з'яўляецца экалагічны маніторынг. Існуючыя пункты назірання ў Лоеве і Любечы не маюць датчыкаў для маніторынгу экалагічнага забруджвання, таму адказныя арганізацыі (экалагічныя інспекцыі) павінны здзяйсняць паездкі на аб'ект (згодна з правіламі – адзін раз у некалькі месяцаў). Абедзве станцыі АНМЕС будуць мець спецыяльныя датчыкі для хуткага вымярэння забруджвання вады па асноўных маркерах экалагічнага стану (канцэнтрацыя хларыдаў, нітратаў, узровень рН, акісляльна-аднаўленчы патэнцыял). Варта адзначыць, што экалагічныя параметры могуць хутка змяняцца, і час, каб інфармаваць спецыяльныя службы ў трансгранічным рэгіёне, павінен быць як мага меншым.

Гэта больш важна таму, што Чарнігаўская і Гомельская воблаці размешчаны побач з Чарнобыльскай АЭС і 30-кіламетровай забароненай зонай. Такім чынам, станцыі АНМЕС будуць мець датчыкі ўзроўню і тэмпературы вады, вільготнасці і тэмпературы паветра, напрамку і хуткасці ветру, атмасфернага ціску, колькасці ападкаў і экалагічных параметраў вады. Даныя гэтых датчыкаў будуць перадавацца на сервер, збірацца ў базе даных і візуалізоўвацца на Web-дастасаванні ў рэжыме рэальнага часу.

Перспектыўнай мэтай праекта «THEOREMS-Dnipro. Трансгранічная сістэма гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу ракі Дняпро» з'яўляецца распрацоўка схемы аб'яднання станцый АНМЕС у агульную сістэму, прызначаную для маніторынгу навакольнага асяроддзя, свечасовага выяўлення і прагназавання надзвычайных сітуацый прыроднага і тэхнагеннага характару.



The project is co-funded  
by the European Union

## **АГУЛЬНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА РАБОТЫ**

### **Сувязь работы з навуковымі праграмамі (праектамі) і тэмамі:**

Работа выканана ў межах беларуска-ўкраінскага праекта THEOREMS-Dnipro, які выконваецца па праграме тэрытарыяльнага супрацоўніцтва Усходняга Партнёрства, прадугледжвае стварэнне двух новых аўтаматызаваных станцый гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу ў трансгранічным рэгіёне.

### **Мэта і задачы даследавання:**

Мэтай магістарскай дысертацыйнай работы з'яўляецца распрацоўка сістэмы збору і прадстаўлення гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральной інфармацыі на сайце міжнароднага праекта THEOREMS-Dnipro.

**Для дасягнення мэты даследавання спатрэбілася вырашыць ніжэйпералічаных задачы:**

1. Распрацоўка вымяральной часткі і структуры інфармацыйных сувязей аўтаматызаванай станцыі гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу
2. Аналіз мадэлей баз даных
3. Распрацоўка структуры базы даных праекта THEOREMS-Dnipro
4. Распрацоўка вэб-дадатка.

### **Палажэнні, якія выносяцца на абарону:**

1. Вынікі даследавання спосабаў і сродкаў вымярэння гідраметэаралагічных і экалагічных параметраў.
2. Вынікі тэарэтычнага даследавання сістэм кіравання базами даных.
3. Інтэрфейсы ўзаемадзеяння паміж аб'ектамі сістэмы.
4. Вэб-інфармацыйная сістэма адлюстравання вымяральной інфармацыі і структура базы даных.

### **Асабісты ўклад суіскальніка:**

Навуковыя і практычныя вынікі дысертацыі, палажэнні, якія выносяцца на абарону, распрацаваны і атрыманы асабіста суіскальнікам. Агульныя напрамкі даследаванняў былі распрацаваны і рэалізаваны пры ўдзеле навуковага кіраўніка.

### **Апрабация вынікаў дысертацыі:**

Вынікі даследаванняў, уключаныя ў дысертацыю, былі прадстаўлены:

- на XVIII і XIX Міжнароднай міжвузаўскай навукова-тэхнічнай канферэнцыі студэнтаў, магістрантаў і аспірантаў "Даследаванні і распрацоўкі ў галіне машынабудавання, энергетыкі і кіравання», г.Гомель, ГДТУ ім П.В. Сухого 2018, 2019 г.;

- на выніковай канферэнцыі праекта Theorems Dnipro, г. Чарнігаў, Чарнігаўскі нацыянальны тэхналагічны ўніверсітэт, 26-27 сакавіка 2019 г.

### **Апублікаванасць вынікаў дысертацыі:**

1. Несцярэнка М.А., Рамнёў У.А., Крышнёў Ю.В., Сахарук А.У. Сістэма збору і прадстаўлення на Web-сайце гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральной інфармацыі // 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 : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2018. – С. 382-385.

### **Структура і аб'ём дысертацыі:**

Дысертацыйная работа складаецца з уводзінаў, агульнай характарыстыкі работы, чатырох раздзелаў, заключэння, спісу выкарыстаных крыніц. Агульны аб'ём работы складае 66 старонак, у тым ліку 46 малюнкаў і спіс з 25 выкарыстаных крыніц.

# РАЗДЗЕЛ 1 АНАЛІТЫЧНЫ АГЛЯД ПРЫНЦЫПАЎ, МЕТАДАЎ І СІСТЭМ ЭКАЛАГІЧНАГА МАНІТОРЫНГУ

## 1.1 Паняцце і віды экалагічнага маніторынгу

Экалагічны маніторынг (ЭМ) – сукупнасць арганізацыйных структур, метадаў, спосабаў і прыёмаў назірання за станам навакольнага асяроддзя, адбываючыміся зменаў і наступстваў.

Мэта ЭМ – назіранне за станам навакольнага асяроддзя, у тым ліку за станам навакольнага асяроддзя ў раёнах размяшчэння крыніц антрапагеннага ўздзеяння і ўздзеяннем гэтых крыніц на навакольнае асяроддзе, а таксама ў мэтах забеспячэння патрэб дзяржавы, юрыдычных і фізічных асоб у пэўнай інфармацыі, неабходнай для прадухілення і (або) памяншэння неспрыяльных наступстваў змянення стану навакольнага асяроддзя [1].

Вылучаюць наступныя віды ЭМ у залежнасці ад:

а) маштабу:

- 1) глабальны – ажыццяўляецца ў адпаведнасці з міжнароднымі дамоваў сістэмай станцый назірання, размешчаных у розных месцах Зямлі, шляхам абмену атрыманых рознымі дзяржаваў даных. Мэта – назіранні за станам навакольнага асяроддзя, адбываючыміся ў ёй зменаў, у тым ліку змяненняў клімату;
- 2) нацыянальны – ажыццяўляецца асобнымі дзяржаваў ў межах сваёй тэрыторыі.  
У Нацыянальнай сістэме маніторынгу навакольнага асяроддзя вылучаюцца маніторынгі па аб'ектах. Задачы – назіранне за станам навакольнага асяроддзя, паверхневых вод, глеб, калязямной касмічнай прасторы, радыяцыйнай абстаноўкі на паверхні Зямлі і ў калязямной прасторы, ацэнка і прагноз змянення клімату, водных рэсурсаў, трансгранічнага пераносу забруджвальных рэчываў і г.д.;
- 3) рэгіянальны – ў межах адміністрацыйна-тэрытарыяльнай адасобленай адзінкі або часткі такой адзінкі або некалькіх суб'ектаў, якія характарызуюцца агульнасцю прыродных працэсаў альбо трапляюць у зону антрапагеннага ўздзеяння з адных і тых жа крыніц;
- 4) лакальны – на адасобленым вытворчым аб'екце або яго частцы, аб'екце прыроднага карыстання, асобным участку тэрыторыі, які пастаянна або часова мае асаблівы прававы статус (запаведнік, зона экалагічнага бедства).

б) узроўню ўплыву чалавека на навакольнае асяроддзе:

- 1) фонавы – назіранне за працэсамі і з'яваў, якія адбываюцца ў навакольным асяроддзі, мінімальна закранутым дзейнасцю чалавека.



Ажыццяўляецца станцыямі, размешчанымі ў біясферных запаведніках. Так, напрыклад, у Рэспубліцы Беларусь арганізавана 2 запаведнікі і 4 нацыянальныя паркі;

2) імпактны – ў спецыяльна вылучаных зонах, дзе ажыццяўляецца дзейнасць, звязаная з падвышанымі экалагічнымі рызыкамі.

в) аб'екта маніторынгу:

1) непасрэдна экалагічны;

2) водных рэсурсаў – назіранне за якасцю паверхневых вод, складам забруджвальных рэчываў, якія знаходзяцца ў вадзе, складам і колькасцю сцёкавых вод;

3) зямлі (глеб) – базавыя, перыядычныя і апэратыўныя назіранні за станам усіх земляў з мэтай выяўлення іх змяненняў, прагнозу і выпрацоўкі рэкамендацый па папярэджанні і ліквідацыі наступстваў негатыўных працэсаў. Праводзіцца на розных узроўнях (нацыянальны, рэгіянальны і лакальны);

4) атмасфернага паветра – сістэма назірання за якасцю атмасфернага паветра, колькасцю і складам шкодных рэчываў, якія ў ім змяшчаюцца. Збор пробаў паветра і дажджавой вады;

5) небяспечных адходаў.

Суб'екты: органы выканаўчай улады Рэспублікі Беларусь, органы мясцовага самакіравання, спецыялізаваныя арганізацыі, упаўнаважаныя на ажыццяўленне экалагічнага маніторынгу, суб'екты эканамічнай дзейнасці, грамадскія аб'яднанні [1].

Аб'екты:

–навакольнае асяроддзе ў цэлым і яго элементы;

–негатыўныя змяненні якасці навакольнага асяроддзя, здольныя аказаць адмоўны ўплыў на здароўе і маёмасць людзей, бяспеку тэрыторый;

–патэнцыйна небяспечныя віды дзейнасці (для навакольнага асяроддзя, здароўя людзей, экалагічнай бяспекі);

–абсталяванне, тэхналогіі, вытворчыя аб'екты, выкарыстанне, пераўтварэнне і знішчэнне якіх уяўляе небяспеку для навакольнага асяроддзя і здароўя людзей;

–надзвычайныя і іншыя раптоўна ўзнікшыя фізічныя, хімічныя, біялагічныя і іншыя абставіны, здольныя аказаць негатыўнае ўздзеянне на навакольнае асяроддзе і здароўе людзей;

–тэрыторыі і аб'екты, якія маюць асаблівы прававы статус (напрыклад, запаведныя).

## 1.2 Метады гідраметэаралагічнага маніторынгу

Гідраметэаралагічная дзейнасць накіравана на атрыманне адпаведнай інфармацыі пры ажыццяўленні метэаралагічных (прыземных метэаралагічных, аграметэаралагічных, актынаметрычных, аэралагічных, метэаралагічных радыёлакацыйных, авіяцыйных метэаралагічных) і гідралагічных назіранняў. Дзейнасць таксама звязана з апрацоўкай, аналізам, захоўваннем і прадастаўленнем гідраметэаралагічнай інфармацыі спажывцам, складаннем гідраметэаралагічных прагнозаў.

Крыніцай гідраметэаралагічнай інфармацыі з'яўляецца дзяржаўная сетка гідраметэаралагічных назіранняў, якая ўяўляе сабой сістэму ўзаемазвязаных стацыянарных пунктаў назіранняў, якія забяспечваюць атрыманне першасных гідраметэаралагічных даных і адпавядаюць патрабаванням дакладнасці вынікаў назіранняў. Гэта дасягаецца праз выкарыстанне правяраных і працаздольных прыбораў і ўстановак, выкананне патрабаванняў методик, рэпрэзентатыўнасць умоваў размяшчэння стацыянарных пунктаў назіранняў [2].

Прыземныя метэаралагічныя назіранні праводзяць для атрымання метэаралагічных даных у прыземным слоі атмасферы [2]. Яны вызначаюць стан і развіццё фізічных працэсаў у атмасферы пры ўзаемадзеянні з падсцілаючай паверхняй. Гэта інструментальныя вымярэнні ва ўстаноўленыя тэрміны метэаралагічных параметраў, якія характарызуюць гэтыя працэсы, і візуальнае вызначэнне асноўных характарыстык найбольш важных атмасферных з'яваў. Метэаралагічныя даныя выкарыстоўваюць пры распрацоўцы гідраметэаралагічных прагнозаў, складанні абагульненняў (даведнікаў, атласаў, штогоднікаў), для кліматычных апісанняў тэрыторый, разліку статыстычных параметраў, гідраметэаралагічных элементаў, а таксама для прадастаўлення дзяржаўным органам, арганізацыям і фізічным асобам [2].

Для прыкладу, фрагмент абсталявання метэаралагічнай станцыі прыземных назіранняў Гомельскага філіяла Белгідрамет паказаны на малюнку 1.1.

Першыя інструментальныя (з дапамогай прыбораў) назіранні на тэрыторыі Беларусі датаваны XIX стагоддзем: у Магілёве – 1808 год, у Віцебску – 1810 год, у Брэсце – 1834 год, у Гродна – 1836 год, у Мінску – 1846 год, у Гомелі – 1891 год.

У наш час прыземныя метэаралагічныя назіранні ажыццяўляюць 114 стацыянарных пунктаў назіранняў, з іх – 51 станцыя і 63 пасты.

На 38 станцыях назіранні праводзяць кругласуткава. Яны ахопліваюць больш за 40 метэаралагічных параметраў (тэмпература паветра, вільготнасць, вецер, ціск і іншыя). Спецыялісты кругласуткава адсочваюць неспрыяльныя і небяспечныя з'явы надвор'я (моцны вецер, моцныя ападкаі, нізкая воблачнасць,

дрэнная бачнасць, галалёдна-шэраневыя адклады) і перадаюць у дзяржаўныя метэаралагічныя службы для далейшага давадзення звестак дзяржаўным органам, насельніцтву і іншым мэтавым групам.



**Малюнак 1.1** – Абсталяванне метэаралагічнай станцыі на тэрыторыі Гомельскага філіяла Белгідрамет

Прыземныя метэаралагічныя назіранні па скарачанай праграме (без начных дзяжурстваў) праводзяць на 13 станцыях і 63 пастах.

Актынаметрычныя назіранні прызначаны для вывучэння радыяцыйнага рэжыму тэрыторыі. Радыяцыйны рэжым зямной паверхні ствараецца прамяністай энергіяй сонца, якая праходзіць праз атмасферу, адлюстроўваецца ад зямной паверхні і пераўтвараецца ў розныя струмяні радыяцыі. Актынаметрычны маніторынг уключае ў сябе назіранні за прамой, рассеянай, сумарнай, адлюстраванай радыяцыяй і радыяцыйным балансам.

Першыя актынаметрычныя назіранні праводзілі ў г. Мінску ў 1936-1937 гадах, рэгулярныя пачаліся з 1952 года. На сённяшні дзень на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь актынаметрычныя назіранні праводзяць на 11 метэаралагічных станцыях.

Прыклады актынаметрычных станцый з абсталяваннем для кантролю радыяцыйнага рэжыму тэрыторыі прадстаўлены на малюнку 1.2.

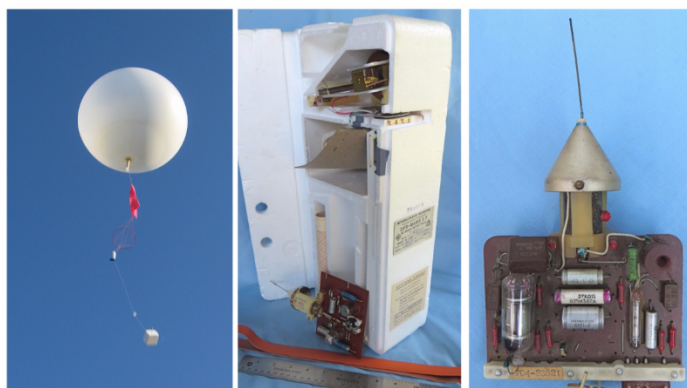


**Малюнак 1.2** – Прыклады актынаметрычных станцый

Аэралагічныя назіранні (радыёзандзіраванне атмасферы) праводзяць для даследавання высокіх слаёў атмасферы. Радыёзандзіраванне дае інфармацыю аб вертыкальным размеркаванні значэнняў метэаралагічных параметраў: ціску, тэмпературы і вільготнасці паветра, хуткасці і напрамку ветру на розных узроўнях атмасферы.

Радыёзандзіраванне атмасферы робяць з дапамогай аэралагічных прыбораў (радыёзондаў). Уздым метэаралагічнага радыёзонда (можа дасягаць вышыні 35-40 км) ажыццяўляецца з дапамогай спецыяльных латэксных шароў (абалонак), якія напаўняюць лёгкім газам – вадародам альбо геліем. Радыёзонд вымярае метэаралагічныя параметры ў атмасферы і адначасова іх перадае на наземную радыёлакацыйную станцыю (НРС). НРС забяспечвае суправаджэнне радыёзонда ў палёце, прыём і рэгістрацыю каардынатных і тэлеметрычных даных. Першы запуск радыёзонда праведзены на тэрыторыі Беларусі ў 1935 годзе.

Прыклады камплекта радыёзонда для аэралагічных назіранняў паказаны на малюнку 1.3.



**Малюнак 1.3** – Прыклад камплекта радыёзонда для аэралагічных назіранняў

На сённяшні дзень радыёзандзіраванне атмасферы ажыццяўляюць у пунктах гарадоў Брэст і Гомель, а матэрыялы назіранняў выкарыстоўваюць пры складанні сінаптычных прагнозаў авіяцыяй і іншымі ведамствамі.

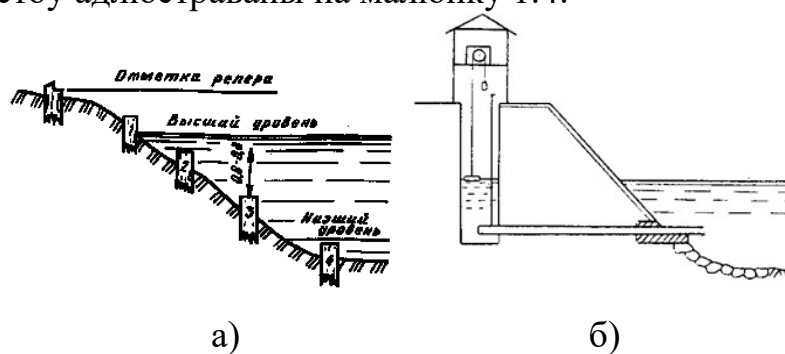
Гідралагічныя назіранні на пастах праводзяць за элементамі гідралагічнага рэжыму: вышынёй узроўню вады, расходамі вады адпаведна ўзроўню, тэмпературай вады і лядовымі з'явамі, узважанымі і доннымі наносамі на асобных пастах. Першыя даследаванні рэк Беларусі правялі ў пачатку XVIII стагоддзя ў сувязі з засваеннем водных шляхоў і будаўніцтвам суднаходных каналаў. У другой палове XVIII стагоддзя пачалі праводзіць гідраграфічныя абследаванні на суднаходных рэках Дняпро, Бярэзіна, Прыпяць, Заходняя Дзвіна, Нёман, Буг. У 1876 годзе пачалі стацыянарныя гідралагічныя назіранні

ў Бабруйску, Мазыры, Магілёве, Гродне, Віцебску, Слоніме, Беліцы, Стоўбцах, Мастах, Оршы, Жлобіне, Лоеве, Барысаве [2].

Сучасныя назіранні за гідралагічным рэжымам рэк і вадаёмаў праводзяць на 109 пастах (99 рачных і 10 азёрных) і 2 балотных створах. Пасты размяшчаюцца па ўсёй тэрыторыі Беларусі на вялікіх, сярэдніх і малых рэках, на найбольш значных азёрах (Нарач, Дрывяты, Лукомскае) і вадасховішчах (Вілейскае, Заслаўскае, Чыгірынскае), якія маюць навуковае і рэкрэацыйнае значэнне.

На некаторых азёрах і вадасховішчах, акрамя назіранняў у прыбярэжнай зоне, праводзяць гідраметэаралагічныя назіранні на іх акваторыі.

Схемы тыповых (найбольш распаўсюджаных у Беларусі і Украіне) гідралагічных пастоў адлюстраваны на малюнку 1.4.



**Малюнак 1.4** – Схемы тыповых гідралагічных пастоў: а) – вадамерная прылада п’ялявага тыпу; б) – вадамерная прылада берагавога (калодзежнага) тыпу

Белгідрамет ажыццяўляе вядзенне Дзяржаўнага воднага кадастру па раздзеле «Паверхневыя воды», рыхтуе «Штогадовыя даныя аб рэжыме і рэсурсах паверхневых вод» (гідралагічныя штогоднікі), даведнікі «Шматгадовыя даныя аб рэжыме і рэсурсах паверхневых вод» па тэрыторыі Беларусі, куды ўваходзяць звесткі аб гідралагічным рэжыме.

Для аператыўнага ўліку і абагульнення змяненняў гідраграфічнай сеткі выкарыстоўваецца сістэма, якая дазваляе адсочваць усе змяненні гідраграфічнай сеткі, своечасова адлюстроўваць іх у матэрыялах воднага кадастру Беларусі. Матэрыялы кадастру выкарыстоўваюць пры рашэнні водагаспадарчых задач у гідратэхнічным будаўніцтве і абгрунтаванні мерапрыемстваў, накіраваных на рацыянальнае і эфектыўнае спажыванне водных рэсурсаў Рэспублікі Беларусь.

Дзякуючы штогадовым вынікам назіранняў папаўняецца інфармацыйны банк даных "Гідралогія – рэкі і каналы", «Азёры і вадасховішчы» і г.д., што з’яўляецца асновай для падрыхтоўкі даведнікаў абагульнення гідралагічных характарыстык, навукова-даследчых работ, разлікаў гідралагічных

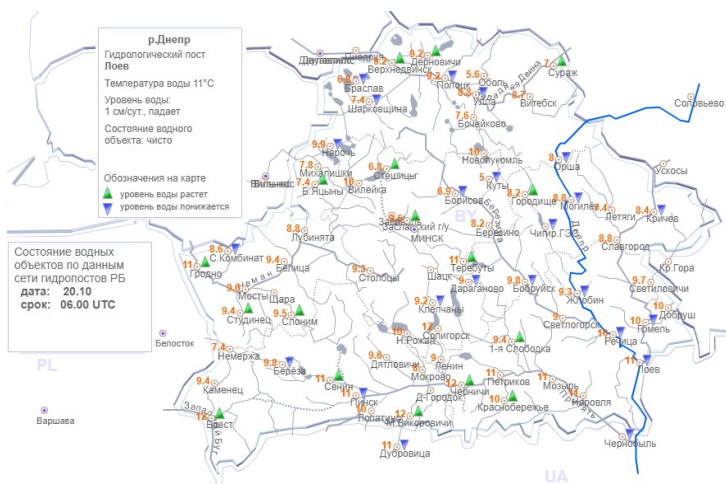
характарыстык для абслугоўвання арганізацый, падрыхтоўкі міжведамаснага выдання Дзяржаўнага воднага кадастру Рэспублікі Беларусь.

### 1.3 Сістэма маніторынгу гідралагічнай абстаноўкі Беларусі і Украіны і перспектывы яе ўдасканалення

Гідраметэаралагічная служба Рэспублікі Беларусь забяспечвае спажыўцоў гідраметэаралагічнай інфармацыяй. У цяперашні час на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь створана сетка гідралагічных пастоў, на якіх вядуць назіранні за гідралагічнымі абставінамі на рэках Рэспублікі Беларусь (малюнак 1.5). За ўзроўнем паводак у Беларусі сочаць пры дапамозе 137 вадамерных пастоў [2], размешчаных як на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь, так і ва ўсіх сумежных з ёю краінах.

Але большая частка гідрапастоў па стане на дадзены момант недастаткова аўтаматызавана: у асноўным яны ўяўляюць сабой вадамерныя пасты, абсталяваныя вымяральнымі паямі (гл. малюнак 1.4,а), або пасты калодзежнага тыпу, абсталяваныя самапісцамі ўзроўню (гл. малюнак 1.4,б). На малюнку 1.6 у якасці прыкладаў паказаны фота некаторых гідрапастоў, месцаваных у Беларусі. Варта адзначыць, што распаўсюджанне атрымалі некалькі тыпаў самапісцаў узроўню вадаёма (СУВ); у цяперашні час у гідралагічнай сетцы найбольш распаўсюджанымі з'яўляюцца самапісцы «Валдай» (малюнак 1.7).

Збор бягучай інфармацыі на большасці гідрапастоў ажыццяўляе назіральнік, які робіць пэўную колькасць замераў у суткі, у залежнасці ад пары года, магчымасці паводкі і іншых вызначальных фактараў (у сярэднім гэта два вымярэння ў суткі). Ён альбо сам вырабляе замер па рэперных кропках, альбо здымае паказанні з СУВ, што робіць працэс не зусім аператыўным, і, у сваю чаргу, запавольвае паступленне інфармацыі аб магчымай надзвычайнай сітуацыі.



Малюнак 1.5 – Карта гідралагічных абставін на рэках Беларусі



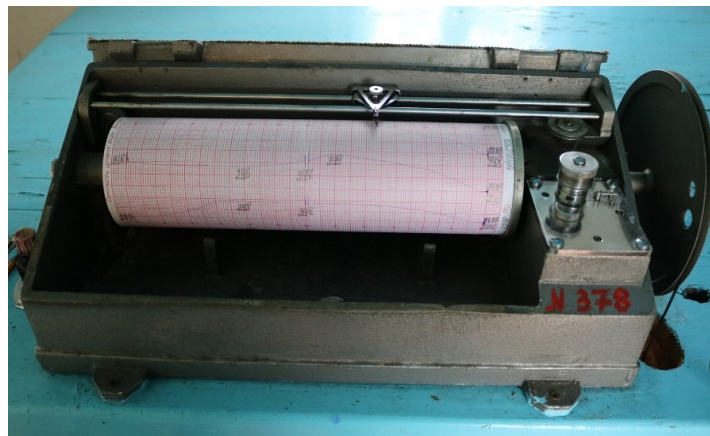


а)

б)

в)

**Малюнак 1.6** – Фота: а) – гідрапаста «Лоеў»; б) – гідраметэапаста «Рэчыца»; в) – гідрапаста на р. Уза, в. Прыбар



**Малюнак 1.7** – Самапісец узроўню вадаёму «Валдай»

З пункту гледжання рэалізацыі мэтай праекта «THEOREMS-Dnipro», найбольш значныя для мясцовага насельніцтва вымяральныя параметры – гэта якасць вады і яе ўзровень у рацэ Дняпро. Варта адзначыць, што ў выпадку выкіду ў раку шкодных рэчываў, пры адсутнасці своечасовага рэагавання, колькасць пацярпелага насельніцтва можа быць прыкметна большай. У цяперашні час існуюць сітуацыі, калі забруджванне вады не з'яўляецца вынікам прамысловай дзейнасці. Ва многіх выпадках гэты працэс запавольвае рэакцыю на стыхійныя бедствы. Значнае павышэнне верагоднасці прадухілення шкоды дзякуючы хуткаму рэагаванню на магчымыя стыхійныя бедствы – важная асаблівасць станцый АНМЕС, якія маюць быць створаны ў рамках праекта «THEOREMS-Dnipro».

Аўтаматызаваныя аўтаномныя гідраметэаралагічныя вымяральныя станцыі з бесправадной сувяззю з'яўляюцца перспектыўнымі для выкарыстання ва Украіне і ў Беларусі. Шырокае распаўсюджанне яны атрымалі для вымярэння ўзроўню вады ў рэках, бо яны дазваляюць хутка рэагаваць на змяненне ўзроўню падчас пачатку і на працягу паводкі. Шэраг падобных сістэм ужо размешчаны

ва Украіне на хуткіх горных рэках у Карпатах, а таксама на Валыні. Дзве першыя такія станцыі на Дняпры побач з п.г.т. Любеч і ў г.п. Лоеў, цалкам спраектаваныя агульным калектывам беларуска-ўкраінскіх распрацоўшчыкаў, узводзяцца ў эксплуатацыю ў рамках трансгранічнага праекта «THEOREMS-Dnipro». У выніку шматгадовых даследаванняў і распрацовак навукоўцамі і інжынерамі быў сфарміраваны пералік неабходных датчыкаў, абраны аптымальны час апытання вымяральной інфармацыі (у адпаведнасці са стандартамі па гідралагічных і метэаралагічных вымярэннях), тыповыя функцыянальныя схемы, сістэмы сілкавання. Вядучыя замежныя кампаніі, якія спецыялізуюцца на выпуску такога абсталявання, ўжо асвоілі серыйны выпуск прадукцыі, якая адпавядае дзеючым міжнародным стандартам у галіне гідра- і метэаралогіі. У той жа час, сістэмы забеспячэння электраэнергіяй такіх станцый, як правіла, выпускаюцца толькі на аснове сілкавання ад цэнтралізаванай сеткі 220 В, 50 Гц (якая не заўсёды дасяжна, асабліва, для аддаленых малых рэк і вадасховішчаў), і/або фотаэлектрычных пераўтваральнікаў і акумулятарных батарэй, якія забяспечваюць аўтаномнае сілкаванне станцыі. Улічваючы нестабільнасць ўзроўню сонечнай інсаляцыі, і яе залежнасць ад месца размяшчэння станцыі, як правіла, сістэма сілкавання разлічваецца са шматразовым запасам, для прадухілення разраду акумулятарных батарэй ў восеньска-зімовы перыяд.

Для перадачы даных у такіх станцыях, як правіла, выкарыстоўваецца існуючая сетка GSM, што, з аднаго боку, спрашчае сістэму, аднак, з другога, прывязвае месцаванне станцый у зону пакрыцця сеткі мабільнай сувязі, якая, па стане на сённяшні момант, не заўсёды пакрывае аддаленыя рэгіёны. Аднак, улічваючы з'яўленне субгігагерцовых бесправадных інтэрфейсаў далёкага радыуса дзеяння і звышнізкага спажывання (у прыватнасці, LoRaWAN, Sigfox і інш.), выкарыстанне такіх новых інтэрфейсаў можа прывесці да памяншэння энергаспажывання і павышэння энерганезалежнасці станцый [23].

Распрацоўка і ўкараненне станцый AHMES будзе часткай праекта «THEOREMS-Dnipro», арыентаванай на развіццё неабходнай тэхналагічнай інфраструктуры. Інфармацыя ад гэтых станцый будзе перадавацца праз бесправаднае злучэнне на цэнтральны сервер праекта і захоўвацца ў базе даных. Web-дадатак будзе запушчаны на Web-серверы для адлюстравання атрыманых даных. Магчымасць чытаць архіўную інфармацыю ад станцый і здольнасць дыстанцыйна змяняць рэжымы іх работы, будуць спрыяць далейшаму развіццю сумеснага кіравання воднымі рэсурсамі Дняпра з боку Украіны і Рэспублікі Беларусь [23]. Такім чынам, праект «THEOREMS-Dnipro» будзе мець працяглы эффект у будучыні, таму што прапанаваная сістэма станцый можа быць пашырана за кошт выкарыстання новых станцый AHMES у Беларусі і Украіне.



## РАЗДЕЛ 2 ДАТЧЫКІ ГІДРАМЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ І ЭКАЛАГІЧНЫХ ПАРАМЕТРАЎ

### 2.1 Датчыкі ўзроўню вады

Сродкі вымярэння ўзроўню вады ў адкрытым прыродным вадаёме могуць быць заснаваны на розных фізічных з'явах. У прыватнасці: гідрастатычныя, радарныя, рэфлекс-радарныя, ультрагукавыя.

**Прынцып дзеяння рэфлекс-радарнага датчыка** заснаваны на спецыяльнай электроннай тэхналогіі, называецца рэфлектаметрычным інтэрвалам часу (Time Domain Reflectometry – TDR). Спачатку прыбор генеруе электрамагнітны імпульс працягласцю 1 нс і пасылае яго па сэнсары, які ўяўляе сабой электраправодны стрыжань або трос (малюнак 2.1).



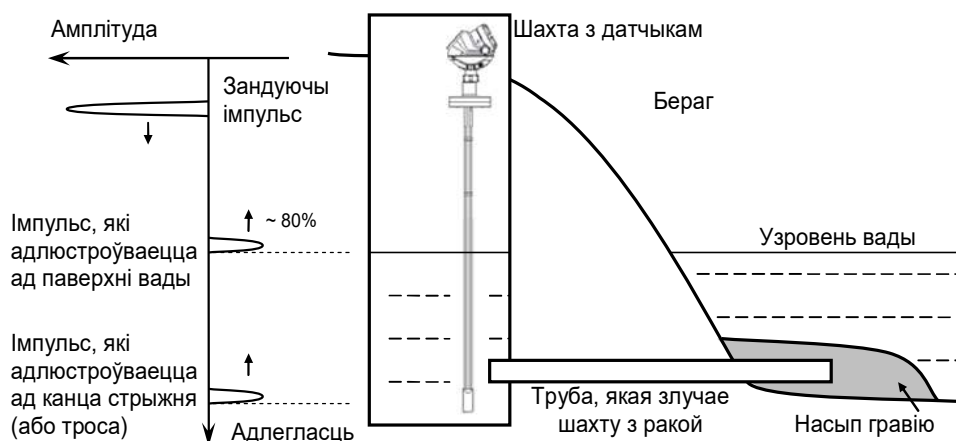
**Малюнак 2.1** – Прыклад вонкавага выгляду тыпавага датчыка SITRANS LG240 вытворчасці Siemens

Гэты імпульс рухаецца па сэнсару з загадзя вядомай хуткасцю, роўнай хуткасці святла. Пасля сустрэчы з паверхняй вадкасці гэты імпульс часткова адлюстроўваецца ад яе, прычым велічыня адлюстраванага імпульсу напрамую залежыць ад дыэлектрычнай пранікальнасці вадкасці (ад вады адлюстроўваецца да 80% сігналу). Імпульс, які адбіўся ад паверхні вадкасці, вяртаецца назад да прыбора.

Прыбор вымярае час паміж перадачай і прыёмам сігналу, дзеліць яго напалову і памнажае на хуткасць руху імпульсу: вынік будзе адпавядаць адлегласці ад прыбора (пункт пачатку адліку - паверхня фланца) да паверхні вады. Далей дыстанцыя да ўзроўню вады ператвараецца ў токавы сігнал або перадаецца ў лічбавым выглядзе па камунікацыйных пратаколах.

Выбар такога датчыка накладвае асаблівыя патрабаванні да канструкцыі станцыі (малюнак 2.2). У праекце варта прадугледзець шахту, злучаная з ракой з дапамогай трубы (досыць дыяметра 150-200 мм). Шахта павінна размяшчацца

ў месцы, вышэй за ўзровень максімальнага разліву вады. Датчык размяшчаецца ў верхняй частцы шахце, куды вада не падымаецца.



Малюнак 2.2 – Месцаванне рэфлекс-радарнага датчыка

**Прынцып дзеяння радарнага датчыка** заснаваны на вымярэнні часу распаўсюджвання радыёхвалі ад антэны да паверхні вадкасці, узровень якой вымяраецца, і назад.

У такіх датчыках выкарыстоўваюцца два метады. Імпульсны метад заключаецца ў вымярэнні часу запазнення прынятага імпульсу адносна выпраменьвання імпульсу.

Па-першае, імпульс, выпраменьваны, павінен быць досыць кароткім, каб скончыцца раней, чым у антэну паступіць адлюстраваны імпульс, гэта значыць мець працягласць адну нанасекунду і менш, што рэалізаваць не так проста. Па-другое, радыёімпульсаў, выпраменьванага, павінен мець досыць вялікую магутнасць, каб забяспечыць неабходнае суадносіны сігнал-шум у прынятым сігнале, а гэта накладвае сур'ёзныя патрабаванні да элемента, выпраменьвальны імпульс, асабліва пры вялікіх дыяпазонах вымярэння ўзроўню і нізкіх адбіўных здольнасцях рэчывы, ад якой адлюстроўваецца сігнал. Па-трэцяе, задача высокадакладнага вымярэння нанасекундных часовых інтэрвалаў паміж выпраменьваемым і прынятым імпульсам сама па сабе тэхнічна складаная ў вырашэнні задача.

У сілу пералічаных фактараў, імпульсныя метады не знайшлі шырокага распаўсюджвання пры вырашэнні задач па высокадакладнаму вымярэнню ўзроўню і ўжываюцца толькі там, дзе адлюстравальная здольнасць вадкасці параўнальна высокая і не патрабуецца высокая дакладнасць.

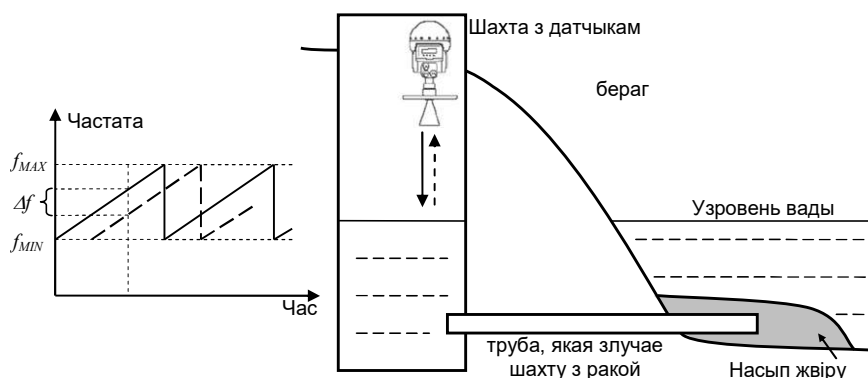
Больш шырокае распаўсюджванне для высокадакладных вымярэнняў атрымалі радарныя ўзроўнямеры, якія выкарыстоўваюць бесперапыннае мадуляваныя па частаце радыёвыпраменьванні (FMCW). Прынцып дзеяння такога ўзроўнемера складаецца ў наступным. Мікрахвалевы генератар датчыка ўзроўню фармуе радыёсігнал, частата якога змяняецца ў часе па лінейным законе - лінейны частотна-мадуляваны сігнал. Гэты сігнал выпраменьваецца ў напрамку рэчывы, у якой вымяраецца ўзровень, адлюстроўваецца ад яго, і

частка сігналу праз пэўны час, якое залежыць ад хуткасці святла і адлегласці, вяртаецца назад у антэну. Выпраменьваны і адлюстраваны сігналы змешваюцца ў датчыку, і ў выніку ствараецца сігнал, частата якога роўная рознасці частот прынятага і выпраменьванага сігналаў  $F$  і адпавядае адлегласці ад антэны да вымеранага ўзроўню вадкасці. Далейшая апрацоўка сігнала ажыццяўляецца мікрапрацэсарнай сістэмай датчыка ўзроўню і заключаецца ў дакладным вызначэнні частаты выніковага сігнала і пераліку яе значэння ў значэнне ўзроўню.



**Малюнак 2.3** – Прыклад радарнага датчыка Micropilot FMR 230 вытворчасці Endress + Hauser AG

Выбар такога датчыка накладвае асаблівыя патрабаванні да канструкцыі станцыі (малюнак 2.4). У праекце варта прадугледзець шахту, злучаную з ракой з дапамогай трубы (дадаткова дыяметра 150-200мм). Шахта павінна месцавацца ў месцы, вышэй за ўзровень максімальнага разліву вады. Датчык мясцуецца ў верхняй частцы шахты, да якога вада не падымаецца.



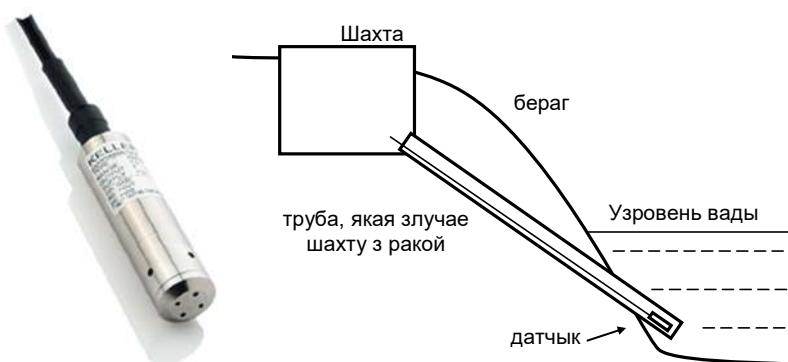
**Малюнак 2.4** – Месцаванне радарнага датчыка

**Прынцып дзеяння гідрастатычнага датчыка ўзроўню** заснаваны на вымярэнні ціску слупа вадкасці і пераўтварэнні яго ў значэнне ўзроўню. Яны ўяўляюць сабой дыферэнцыяльныя датчыкі ціску. На адзін з уваходаў, які далучаны да ёмістасці, падаецца ціск навакольнага асяроддзя (у нашым выпадку - вады ў рацэ), другі ж уваход злучаецца з атмасферай.

Канструктыўна гідрастатычныя датчыкі бываюць двух тыпаў: мембранныя і звонавыя (паглыбныя). У першым выпадку тензарэзістыўнага або ёмістнага датчыка непасрэдна злучанага з мембранай і ўвесь прыбор знаходзіцца ўнізе ёмістасці, як правіла, збоку на фланцы, пры гэтым размяшчэнне адчувальнага элемента (мембраны) адпавядае мінімальнаму ўзроўню. У выпадку звонавага датчыка, адчувальны элемент пагружаны ў працоўнае асяроддзе і перадае ціск вадкасці на тензарэзістыўны сэнсар праз слуп паветра, які знаходзіцца ў трубцы.

Гідрастатычныя ўзроўнямеры прымяняюцца для аднастайных вадкасцяў у ёмістасцях без істотнага руху рабочага асяроддзя. Яны дазваляюць праводзіць вымярэння ў дыяпазоне да 250 кПа, што адпавядае (для вады) 25 метрам, з дакладнасцю да  $\pm 0,05-0,1\%$  FS і тэмпературы рабочага асяроддзя.

Абранне такога датчыка накладвае да канструкцыі станцыі менш складаныя ўмовы (малюнак 2.5). Ўзровень шахты можа быць менш за ўзровень вады. Труба, якая злучае шахту з ракой павінна закладвацца на глыбіні большай чым глыбіня прамярэння глебы (1,2м) і выходзіць у раку на глыбіні большай, чым максімальная таўшчыня лёду, які можа ўтварыцца. Варта прадугледзець жорсткае замацаванне датчыка на дне трубы для ліквідацыі хібнасці вымярэнняў, звязанай з размяшчэннем адчувальнага элемента. Датчык не павінен быць падвешаны за провад паколькі даўжыня провада будзе змяняцца пры змене тэмпературы ў розныя сезоны.



**Малюнак 2.5** – Месцаванне гідрастатычнага датчыка

Паколькі гідрастатычныя датчыкі ўзроўню маюць дастатковую дакладнасць, адносна нізкую цану і не патрабуюць складаных інжынерных збудаванняў для гідраметэаралагічнай станцыі, менавіта выкарыстанне такога тыпу датчыка з'яўляецца найбольш дарэчным.

**Параўнанне гідрастатычнага датчыка ўзроўню**, якія прысутнічаюць на рынку Украіны і маюць дакладнасць менш 0,15% FS (Табліца 2.1).

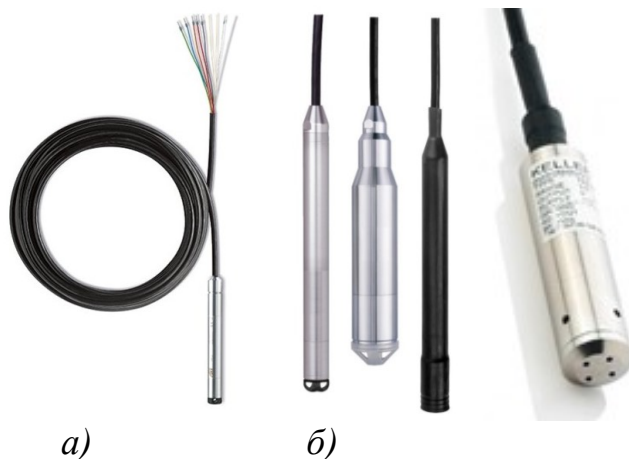
**OTT Pressure Level Sensor** (малюнак 2.6а) датчык распрацаваны менавіта для вымярэння ўзроўню вады ў рэках. Мае інтэрфейсы 4-20 mA і RS-485.

**Endress+Hauser–WaterpilotFMX21** (малюнак 2.6б) Мае тры выглядывыканання: у корпусе з нержавеючай сталі дыяметрам 22 мм (для пітной вады), у корпусе з нержавеючай сталі дыяметрам 42 мм (для складаных умоваў

эксплуатацыі), у корпусе з пластыкавым пакрыццём дыяметрам 29 мм (для салёнай вады). Мае ўбудаваны датчык тэмпературы PT100 для кампенсацыі паказаў за тэмпературай.

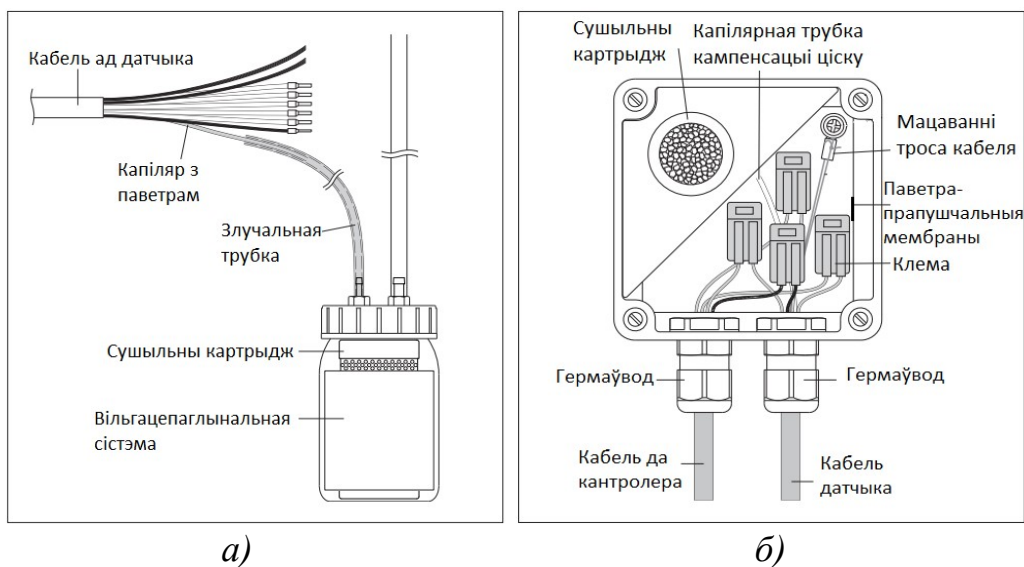
Інтерфейс сувязі 4.. 20 mA за тэмпературай і 4.. 20 mA HART за рівнем. На дадзеныя сігналы накладаецца ацыфравы сігнал згодна з пратаколам HART 6.0.

**KELLER –PR-36 XW** (Малюнак 2.6в) – датчык агульнага прызначэння.



**Малюнак 2.6** – Гідростатычныя датчыкі ўзроўню

Такі датчык з'яўляецца датчыкам адноснага ціску, таму ў кабелі датчыка з'яўляецца капілярная трубка, праз якую паступае паветра да адчувальнага элемента, які змяшчаецца пад вадой. Падключэнне такога датчыка абавязкова праводзіцца праз ёмістасць з абсорбцыі вільгаці, для чаго ў камплекце з датчыкам От PLS можа пастаўляцца ёмістасць для паглынання вільгаці (малюнак 2.7а) або для падаўжэння кабеля (малюнак 2.7б).



**Малюнак 2.7** - Паглыннанне вільгаці ў канале кампенсацыі ціску

Табліца 2.1 – Параўнанне датчыкаў узроўню

Вырабляльнік	<b>OTT</b>	<b>KELLER</b>	<b>Endress+Hauser</b>
Марка	<b>PLS</b>	<b>PR-36 X W</b>	<b>Waterpilot FMX21</b>
Дыяпазон вымярэнняў	0 ... 4м, 10м, 20м, 40м, 100м	0 ... 3м, 10м, 30м, 100м, 300м	0...1,5м, 3м, 6м, 9м, 15м, 30м, 60м
Максімальная перагрузка пры 10 м	5 разоў	2 разоў	-
Сілкаванне	+9.6 ... +28 В Sleep<600μ А, Active<3.6 mA (прыSDI-12)	8-32В <8mA (RS485) <22,5mA (4- 20mA)	11.5 -35 В 3,6...23 mA
Хібнасць ціск Тэмпература	±0.05%FS прыSDI-12 ±0.1%FS пры 4...20 mA ±0,5 К	0,1%FS прыRS485i0- 50°C 0,2%FS пры4...20 mAi0 - 50°C ±0,5 К	0,2%FS 0,1%FS (апцыянальна) ±1 К
Разрозненне	0.1 см 0.1 °C	0,02%FS (прыRS485) 0,04%FS (пры4-20mA)	-
Рабочы дыяпазон тэмператур	-20...80 °C (без стварэння лёду)	-20...80 °C (без стварэння лёду)	-10 to +70°C
Інтэрфейс сувязі	4-20mA або SDI-12 або RS485 (з SDI-12)	4-20mA або 0..10В або RS485 (serial)	4-20mA з HARD 6.0
Дрэйф паказанняў у часе	-	<0,1 %FS	<0.1% of URL/year <0.25% of URL/5 years

## 2.2 Датчыкі экалагічнага стану вады

Разгледзім некаторыя з найбольш распаўсюджаных датчыкаў, якія выкарыстоўваюцца для экалагічнага маніторынгу ў аўтаматычных станцыях.

**Датчыкі кампаніі OTT.** Кампанія распрацавала датчыкі для выканання экалагічных вымярэнняў менавіта ў вадаёмах.

Разгледзім найбольш універсальны датчык **Hydrolab HL7**. Уся электроніка гэтага датчыка размяшчаецца ў вымяральным зондзе (малюнак 2.8). Дадзены

датчык працуе на ўнутранай батарэі, ад якой ён можа прапрацаваць да 90 дзён. Вымераная інфармацыя перадаецца па ўнутраным пратаколе на перахаднік, які можа змяняць інтэрфейс ўзаемадзеяння на SDI-12, RS-485, RS-232, TTY, USB.



**Малюнак 2.8** – Знешні выгляд датчыка **Hydrolab HL7**

Датчык камплектуецца сям'ю электродамі, якія дазваляюць праводзіць наступныя вымярэння: праводнасць, глыбіня, рН, расчынены кісларод (LDO), мутнасць, акісляльна-аднаўленчы патэнцыял (ААП), сіне-зялёныя водарасці, хларафіл, а таксама тэмпературу для карэкцыі вымярэнняў. Дадаткова могуць быць устаноўлены іон селектыўныя электроды нітратаў і хларыдаў. Датчык можа камплектавацца кабелем 10, 25 або 50 м.

Падчас эксплуатацыі датчыка вымяральных электроды забруджваюцца, з-за чаго ўзнікаюць значныя хібнасці вымярэнняў. У гэтым датчыку праблема вырашаецца за кошт механічнай ачысткі шчоткай, якая мацуецца ў цэнтры датчыка і пры кручэнні здымае налёт (малюнак 3.9).



**Малюнак 2.9** – Знешні выгляд электродаў і шчоткі датчыка **Hydrolab HL7**

Асноўныя тэхнічныя паказчыкі электродаў, якімі камплектуецца дадзены датчык, прыведзены ў табліцы 2.2.

**Датчыкі кампаніі Endress + Hauser.** Распрацаваныя для выканання экалагічных вымярэнняў не толькі ў вадаёмах але і прамысловых сцёках [<https://www.endress.com/>].

Кампанія выпускае шырокую лінейку датчыкаў. Разгледзім датчык ISEmax CAS40D. Датчык ўтрымліваецца ў герметычным корпусе, можа быць заглыблены на глыбіню да 1,3 м. Далучэнне да датчыка ажыццяўляецца з



дапамогай бесправаднага злучэння ў раздымныя з байянетным зачэпленнем, што дазваляе забяспечыць 100% воданепранікальнасць.

Табліца 3.2 - Тэхнічныя характарыстыкі Hydrolab HL7

Параметр	Дыяпазон	Дакладнасць	Разрозненне
Тэмпература	-5 да 50 ° С	±0,1 °	0,01 ° С
Праводнасць	0 да 100 мСм/см	±0,5%	0,001 мСм/см
Незвязаны кісларод	0 да 60 мг / л	±0,1мг/л для <8мг/л ±0,2мг/л для >8мг/л ±10% для >20 мг/л	0,01 мг / л
рН	0 да 14 рН	± 0,2 рН	0,01 рН
Мутнасць	0 да 3000NTU	0..100 НТУ: ± 1% 100..400NTU:±3 % 400..3000NTU:± 5%	0..400 NTU: 0,1 400..3000NTU:1,0
Глыбіня	0 до 25м 0 до 100м 0 до 200м	± 0,05 метра ± 0,05 метра ± 0,1 метра	0,01 метра 0,01 метра 0,01 метра
Хларафіл	0..500 мкг/л	Лінейнасць: 0,998R <sup>2</sup>	0,01 мкг / л
Сіне-зялёныя водарасці (Прэснаводныя цыянабактэрыі)	0..40,000 ppb	Лінейнасць: 0.999R <sup>2</sup>	0,02 ppb
Агульныя раствараныя цвёрдыя рэчывы	0 до 64 г / л	-	0,01 г / л
ААП	-999..+999 мВ	± 20 мВ	1 мВ
Радамін	0..1000 ppb	0,999R <sup>2</sup>	0,01 ppb
Іёнавыя селектыўныя электроды			
Амоній	0 .. 100 мг/л	Больш ± 5% счытвання, або ± 2 мг / л	0,01 мг/л
Нітрат	0 .. 100 мг/л		0,01 мг/л
Хларыд	0,5 .. 18000 мг/л		0,0001 адзінкі



Датчык прызначаны для вымярэння амонія і нітратаў, можа камплектавацца іён-селектыўнымі электродамі для вымярэння амонія ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), нітратаў ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), хларыдаў ( $\text{Cl}^-$ ), калія ( $\text{K}^+$ ), а таксама мець электроды для вымярэння рН і апцыянальна ААП. На малюнку 2.10 прадстаўлены датчык з іён-селектыўнымі электродамі ISEmax CAS40D [24].



**Малюнак 2.10** – Знешні выгляд ISEmax CAS40D

**Табліца 2.3** – Тэхнічныя характарыстыкі ISEmax CAS40D

Параметр	Дыяпазон	Дакладнасць	Разрозненне
Тэмпература	2 до 40 ° C	-	-
рН	0 до 14 рН	-	-
Іонаселектыўныя электроды			
Амоній	0,1 .. 1000 мг/л	Больш ± 5% счытвання	0,2 мг/л
Нітрат	0,1.. 1000 мг/л		0,2 мг/л
Хларыд	1 .. 1000 мг/л		0,2 мг/л
Калій	1 .. 1000 мг/л		

Па пашпарце, ачыстка электродаў прадугледжваецца струмянём паветра пад ціскам 3-3.5 бар з расходам паветра 3-4 літры ў 4-15 секунд. Ачыстка павінна праводзіцца кожную гадзіну.

Датчык перадае інфармацыю па ўнутраным пратаколе, таму павінен абавязкова камплектавацца аналітычным модулем, які выконвае ўзаемакампенсацыю паказанняў па значэннях з розных электродаў (малюнак 2.11).



Малюнак 2.11 – Знешні аналітычны модуль Liquiline CM442

Датчык кампаніі HACH LANGE GMBH. Кампанія выпускае датчыкі для назіранняў за хімічным станам шырокага спектру злучэнняў як у вадзе, так і ў вадаёмах, прамысловых сцёках і інш. Найбольш аптымальным для праекта з'яўляецца датчыкі 1200-S sc для вымярэння pH , ААП і AN-ISE sc для вымярэння канцэнтрацыі нітратаў (аманійнага і нітратнага азоту) з кампенсацыяй хларыдаў і калію (малюнак 2.12)[24].



Малюнак 2.12 – Знешні выгляд датчыкаў HACH LANGE GMBH pH і ААП (а), нітратаў з кампенсацыяй хларыдаў і калію(б)

Табліца 3.4 - тэхнічныя характарыстыкі датчыкаў

Параметр	Дыяпазон	Дакладнасць	Разрозненне
<b>1200-S pH</b>			
Тэмпература	-5 да 50 ° C	±0,2 ° C	0,1 ° C
pH	0 да 14 pH	± 0,02 Рн (0,5%)	0,01 pH
<b>1200-S ААП</b>			
Тэмпература	-5 да 50 ° C	±0,2 ° C	0,1 ° C
ААП	-1500..+1500 мВ	±2 мВ (0,5%)	1 мВ
<b>датчык N-ISE (пры 2 - 40°C, 5 - 9 pH, 0,3 бар)</b>			
Нітрат NO <sub>3</sub> -N	0 .. 1000 мг/л	± 5 %	0,2 мг/л
Хларыд Cl-	0 .. 1000 мг/л		

Датчыкі маюць закрыты пратакол ўзаемадзеяння, таму абавязкова іх неабходна ўсталёўваць разам з аналітычным модулем, які забяспечвае збор і апрацоўку даных. Знешні выгляд аналітычнага модуля SC1000 прыведзены на

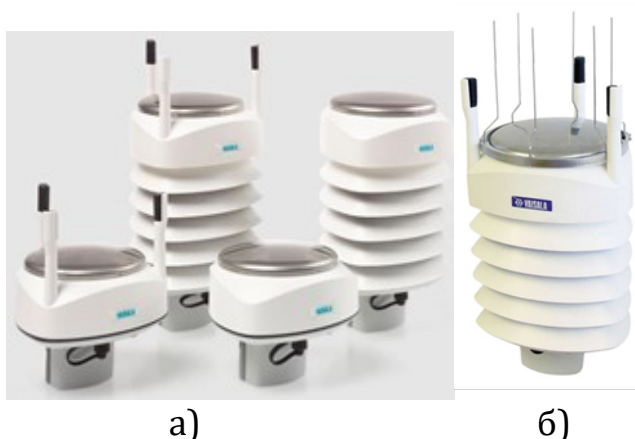
малюнку 2.13. Дадзены аналітычны модуль можа камплектавацца слотам для карт памяці MMC і платай GSM сувязі.



Малюнак 2.13 – Аналітычны модуль SC1000

### 2.3 Датчыкі тэмпературы, вільготнасці паветра, атмасфернага ціску, ападкаў і ветру

**Метэаралагічныя датчыкі WXT 520 кампаніі Vaisala.** Датчыкі могуць вымяраць да шасці параметраў: тэмпературу і адносную вільготнасць паветра, атмасферны ціск, хуткасць і кірунак ветра, колькасць ападкаў. У залежнасці ад гэтага, датчык размяшчаецца ў адным з 4 карпусоў (малюнак 2.14). Для павышэння дакладнасці вымярэнняў датчыкі ветру і ападкаў забяспечаны падагрэвам і камплектам аховы ад птушак (металічныя колцы з накіраванымі ўверх шыпамі, якія не даюць птушкам сесці на пераўтваральнікі, малюнак 2.14б).



Малюнак 2.14 – Знешні выгляд датчыкаў WXT 520

Датчык ветру складаецца з трох ультрагукавых выпраменьвальнікаў, размешчаных на аднолькавай адлегласці адзін ад аднаго. Тэхнічныя характарыстыкі вымяральніка прыведзены ў табліцы 2.5.

П'езаэлектрычны датчык ападкаў знаходзіцца ў верхняй частцы пераўтваральніка метэаданых WXT 520 пад сталёвым векам. Работа пераўтваральніка заснавана на пераўтварэнні ўдару кожнай кроплі аб паверхню сэнсара ў сігнал, прапарцыяны аб'ёму кроплі, дае магчымасць разлічыць

назапашаную колькасць ападкаў. Датчык здольны таксама адрозніваць град ад кропель дажджу. Да вымяральных параметраў граду ставіцца назапашаная колькасць граду, яго інтэнсіўнасць і працягласць ліўня з градам.

У датчыку пад радыяцыйнай аховай знаходзяцца ёмістныя датчыкі атмасфернага ціску, тэмпературы і вільготнасці паветра. Паветра праходзіць праз радыяцыйную ахову адчувальных элементаў толькі натуральным чынам за кошт ветру.

Табліца 2.5 – Тэхнічныя характарыстыкі і дыяпазон вымярэння ападкамер ў складзе WXT 520 фірмы Vaisala

Параметр	Апісанне	Велічыня	Значэнне
Дождж	назапашаныя ападка пасля апошняга скіду	Плошча прымача, см <sup>2</sup>	60
		Разрозненне, мм	0,01
		Дакладнасць, % (У залежнасці ад надвор'я)	5
Працягласць дажджу	павелічэнне колькасці ападкаў за кожныя 10 с, з першай кроплі	Разрозненне, мм	10
Інтэнсіўнасць дажджу	слізгальнае сярэдняе па 1 хв дыскрэтнасцю 10С	Дыяпазон, мм / ч	ад 0 да 200
		Разрозненне, мм / ч	0,1
Град	сума колькасці удараў аб прыёмную паверхню	Разрозненне, удар / см <sup>2</sup>	0,1
Працягласць граду	павелічэнне колькасці удараў за кожныя 10 с, з моманту выяўлення	Разрозненне, с	10
Інтэнсіўнасць граду	слізгальнае сярэдняе па 1 хв з дыскрэтнасцю 10 с	Разрозненне, удар / см <sup>2</sup> / г	0,1

Табліца 2.6 – Тэхнічныя характарыстыкі і дыяпазон вымярэння датчыкаў атмасфернага ціску, тэмпературы і вільготнасці паветра ў складзе WXT 520

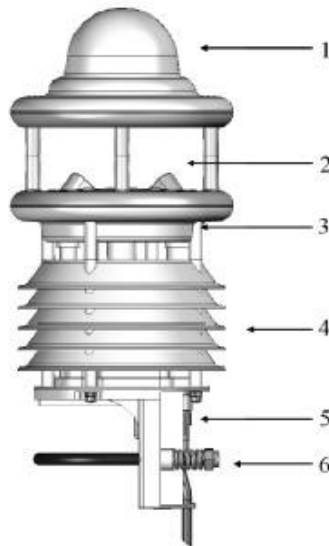
фірмы Vaisala

<i>Канал вымярэння атмасфернага ціску</i>	
Дыяпазон вымярэння атмасфернага ціску, гПа	ад 600 да 1100
Дакладнасць, гПа пры тэмпературы 0 ... 30 ° C пры тэмпературы -52 ... +60 ° C	± 0,5 ± 1
Разрозненне, гПа	0,1
<i>Канал вымярэння тэмпературы паветра</i>	
Дыяпазон вымярэння тэмпературы паветра, ° C	ад -52 да +60
Дакладнасць пры 20 ° C	± 0,3
Разрозненне, ° C	0,1
<i>Канал вымярэння адноснай вільготнасці паветра</i>	
Дыяпазон вымярэння адноснай вільготнасці, %	ад 0 да 100
Дакладнасць, %: - ад 0 да 90% - ад 90 да 100%	± 3 ± 5
Разрозненне, %	0,1
<i>Канал вымярэння хуткасці ветру</i>	
Дыяпазон вымярэння хуткасці, м / с	ад 0 да 60
Дакладнасць вымярэння хуткасці: - ад 0 да 35 м / с - ад 35 да 60 м / с	± 0.3 м/с або ± 3% ± 5%
Дыяпазон вымярэння напрамку ветру, м / с	0 ... 360°
Дакладнасць вымярэння напрамку ветру	±3°

### **Метралагічныя датчыкі WS-UMB кампаніі Lufft.**

Датчыкі WS-UMB прызначаныя для аўтаматычных вымярэнняў метэаралагічных параметраў: тэмпературы паветра, знешняй тэмпературы, адноснай вільготнасці паветра, хуткасці і напрамку паветранага струмення, атмасфернага ціску, колькасці атмасферных ападкаў, энергетычнай асветленасці (малюнак 2.15).

Для абмену інфармацыяй станцыі у WS - UMB ёсць паслядоўны інтэрфейс RS-485, які падтрымлівае пратаколы SDI-12, MODBUS, UMB, XDR.



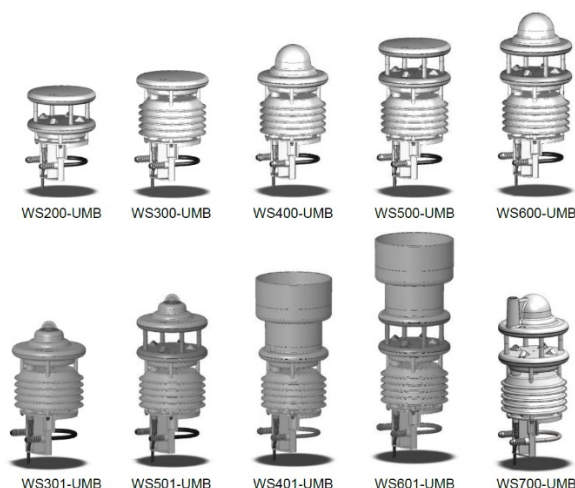
**Малюнак 2.15** - Знешні выгляд датчыкаў серыі WS–UMB

- 1 - пераўтваральнік колькасці ападкаў (убудаваны),
- 2 - пераўтваральнік хуткасці і напрамку паветранага струмення,
- 3 - пераўтваральнік атмасфернага ціску,
- 4 - пераўтваральнік тэмпературы і адноснай вільготнасці паветра,
- 5 - раз'ём для падлучэння вонкавых пераўтваральнікаў,
- 6 - кранштэйн для мацавання да станцыі

У ніжняй частцы датчыка размешчаны вентылятар для прымусовага абдзімання адчувальных элементаў, забяспечвае больш высокую дакладнасць вымярэнняў у сонечнае і зацішнае надвор'е.

Праграмнае забеспячэнне ў датчыку, якое зыходзячы з вымераных значэнняў, праводзіць разлікі дадатковых параметраў, такіх як інтэнсіўнасць атмасферных ападкаў, тэмпературы пункту росы, атмасфернага ціску, прыведзенага да ўзроўню мора.

Для аховы ад неспрыяльных умоваў надвор'я ўжыта абаграванне ўльтрагукавога пераўтваральніка хуткасці і напрамку паветранага струмення, пераўтваральніка колькасці ападкаў. Разнавіднасці датчыкаў прыведзены на малюнку 2.16.



**Малюнак 2.16** – Мадыфікацыі датчыкаў серыі WS–UMB

Праз патрабаванні СГА да размяшчэння датчыкаў мэтазгодна выкарыстанне двух асобных датчыкаў WS200-UMB (хуткасць і кірунак ветра), што павінны знаходзіцца на 10м ад паверхні зямлі, і WS300-UMB (тэмпература, вільготнасць паветра і атмасферны ціск), якія павінны знаходзіцца на 2м ад паверхні зямлі.

**Табліца 2.7** – Тэхнічныя характарыстыкі WS –UMB

<i>Канал вымярэння атмасфернага ціску</i>	
Дыяпазон вымярэння атмасфернага ціску, гПа	ад 300 да 1100
Дакладнасць, гПа	
пры тэмпературы 0 ... 40 ° C	± 0,5
пры тэмпературы -50 ... +60 ° C	± 1
Разрозненне, гПа	0,1
<i>Канал вымярэння тэмпературы паветра</i>	
Дыяпазон вымярэння тэмпературы паветра, ° C	від -50 до +60
Дакладнасць, Да	
пры -20 .. +50 °	± 0,2
пры -50 .. +60 °	± 0,5
Разрозненне, ° C	0,1
<i>Канал вымярэння адноснай вільготнасці паветра</i>	
Дыяпазон вымярэння адноснай вільготнасці,%	ад 0 да 100
Дакладнасць,%:	
- ад 1 да 90%	± 2
- ад 90 да 100%	± 3
Разрозненне,%	0,1
<i>Канал вымярэння хуткасць ветру</i>	
Дыяпазон вымярэння хуткасці, м / с	від 0,3 до 65
Дакладнасць вымярэння хуткасці:	
- ад 0,3 да 6 м / с	± 0.3 м/с
- ад 6 да 60 м / с	± 5%
Дыяпазон вымярэння напрамку ветру, м / с	0 ... 360°
Дакладнасць вымярэння напрамку ветру	±3°

## 2.4 Датчыкі ападкаў

Вымярэнне ападкаў можа праводзіцца рознымі спосабамі, сярод якіх: п'езаэлектрычным, перакідкай кубачкі, узважваннем, аптычным.

### **П'езаэлектрычны спосаб.**

Датчыкі ападкаў, якія выкарыстоўваюць п'езаэлектрычны спосаб, вызначаюць памер кроплі па сіле ўдару кроплі аб паверхню датчыка. Таму такія датчыкі дазваляюць вымяраць толькі інтэнсіўнасць вадкіх ападкаў, а ўзровень ападкаў разлічваюць набліжаным спосабам. Як следства, дакладнасць такіх вымярэнняў занадта нізкая (5%). Некаторыя датчыкі могуць адрозніваць цвёрдыя ападкі (град) ад вадкіх і па сіле ўдару вызначаць памер шара граду. Такім чынам не можа вызначаць колькасць ападкаў зімой падчас снегападу.



Малюнак 2.17 – Датчыкі WTX-531 кампаніі Vasaila

### **Радарны спосаб.**

Пры выкарыстоўванні доплераўскага радару (24 Гц), вымяраецца хуткасць ўсіх формаў кандэнсату. Да іх адносяцца дождж, ледзяны дождж, град, снег і мокры снег. Такі датчык мае нізкую дакладнасць (10%), але ёсць усепагоднасць.



Малюнак 2.18 – Датчык WS100 кампаніі Lufft

### **Спосаб, заснаваны на перакульванні кубачка.**



Такія датчыкі ападкаў маюць значную дыскрэтнасць вымярэнняў, залежаць ад памеру перакіднай кубачкі, і па сутнасці вымяраюць час напаўнення ёмістасці кубачкі да перакульвання. Інтэнсіўнасць ападкаў разлічваецца як аб'ём, падзелены на вымярэнняў, а ўзровень ападкаў - па колькасці перакідак. Такія датчыкі маюць нізкую дакладнасць (2%) і могуць вымяраць толькі вадкія ападкаў. На час маразоў маюць герметызацыю для аховы ад марозу.



**Малюнак 2.19** – Датчык WTB100 кампаніі Lufft

#### **Спосаб, заснаваны на ўзважванні.**

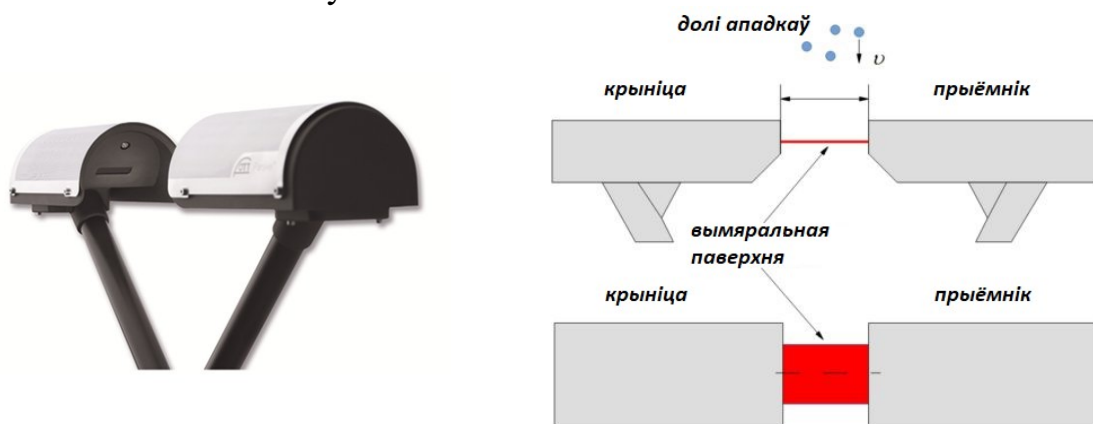
Такія датчыкі ападкаў маюць ёмістасць, у якую назапашваюцца вадкія ападкаў, датчык пастаянна узважвае ёмістасць з пастаяннай дыскрэтнасцю. Ўзважвання праводзяцца з высокай дакладнасцю, таму такія датчыкі маюць высокую дакладнасць вызначэння як інтэнсіўнасці, так і ўзроўню ападкаў (<1%). У зімовы перыяд такія датчыкі могуць праводзіць вымярэнне інтэнсіўнасці ападкаў пры наяўнасці абагравальніка, што плавіць снег, і не дае замерзнуць вадзе ў ёмістасці. Аднак, ён не мае магчымасці адрозніваць цвёрдыя або вадкія ападкаў, град. Пры адсутнасці награвальніка датчык павінен кансервавацца зімой, для чаго ён заліваецца антыфрызам.

Для атрымання высокай дакладнасці варта выкарыстоўваць метады ўзважвання.

#### **Аптычны спосаб.**

Спосаб заключаецца ў вызначэнні характарыстык ападкаў, выпадаючых на падставе вымярэння памераў ценяў для кожнай з часціц, якія праходзяць скрозь вымяральны пляцоўка пад дзеяннем сілы цяжару. Для фарміравання аптычнага канала аднастайны струмень светлавога выпраменьвання ад крыніцы выпраменьвання накіроўваецца праз аптычную сістэму на многоэлементны масіў святлоадчувальных элементаў (лінейны сэнсар) прымача аптычнага выпраменьвання. Значэнне памеру вымяральнай пляцоўкі вызначаецца

адлегласцю ад крыніцы да прымача і шырынёй аптычнага канала. Прыклад датчыка паказаны на малюнку 2.20.



**Малюнак 2.20** – Датчык OTT Parsivel<sup>2</sup>

Такія датчыкі могуць вымяраць ўсе віды ападкаў і могуць эксплуатавацца ў зімовы перыяд. Аднак, яны маюць нізкую дакладнасць (вадкія ападкаў  $\pm 5\%$ , цвёрдыя ападкаў  $\pm 20\%$ ), але высокае разрозненне (да 0.001мм)

## РАЗДЗЕЛ 3 АНАЛІЗ СІСТЭМ КІРАВАННЯ БАЗАМІ ДАНЫХ.

### СТРУКТУРА БАЗЫ ДАНЫХ

#### 3.1 Мадэлі баз даных

Мадэль базы даных (БД) – гэта тып мадэлі даных, якая вызначае лагічную структуру базы даных і ў корані вызначае, якім чынам даныя могуць захоўвацца, арганізоўвацца і апрацоўвацца.

Адрозніваюць тры асноўныя мадэлі баз даных - гэта іерархічная, сеткавая і рэляцыйная. Гэтыя мадэлі адрозніваюцца паміж сабой па спосабе ўстанаўлення сувязей паміж данымі.

1. Іерархічны падыход да арганізацыі баз даных. Іерархічныя базы даных маюць форму дрэваў з дугамі-сувязямі і вузламі-элементамі даных. Іерархічная структура прадугледжвала нераўнапраўе паміж данымі – адны з іх жорстка падпарадкаваны іншым. Падобныя структуры, безумоўна, дакладна задавальняюць патрабаванням многіх, але далёка не ўсіх рэальных задач.

2. Сеткавая мадэль даных. У сеткавых БД нароўні з вертыкальнымі рэалізаваны і гарызантальныя сувязі. Аднак успадкаваны многія недахопы іерархічнай і галоўны з іх, неабходнасць дакладна вызначаць на фізічным узроўні сувязі даных і гэтак жа выразна прытрымлівацца гэтай структуры сувязяў пры запытах да базы.

3. Рэляцыйная мадэль даных. Рэляцыйная мадэль з'явілася з прычыны імкнення зрабіць базу даных як мага больш гнуткай. Дадзеная мадэль падала прасты і эфектыўны механізм падтрымання сувязяў даных.

4. Аб'ектна-арыентаваная мадэль. Новыя вобласці выкарыстання вылічальнай тэхнікі, такія як навуковыя даследаванні, аўтаматызаванае праектаванне і аўтаматызацыя ўстаноў, запатрабавалі ад баз даных здольнасці захоўваць і апрацоўваць новыя аб'екты – тэкст, аўдыё-і відэаінфармацыю, а таксама дакументы.

Усе даныя ў гэтых мадэлях прадстаўляюцца ў выглядзе табліц і толькі табліц. Рэляцыйная мадэль - адзіная з усіх забяспечвае аднастайнасць прадстаўлення даных. І сутнасці, і сувязі гэтых самых сутнасцяў прадстаўляюцца ў мадэлі цалкам аднолькава - табліцамі. Але такі падыход ўскладняе разуменне сэнсу захоўваемай ў базе даных інфармацыі, і, як следства, маніпуляванне гэтай інфармацыяй.

Пазбегнуць цяжкасцяў маніпулявання дазваляе другі элемент мадэлі - рэляцыйна-поўная мова (адзначым, што мова з'яўляецца неад'емнай часткай любой мадэлі даных, без яго мадэль не існуе). Паўната мовы ў дадатку да рэляцыйнай мадэлі азначае, што ён павінен выконваць любую аперацыю

рэляцыйнай алгебры або рэляцыйнага вылічэння (паўната апошніх даказаная матэматычна Э.Ф. Кодам). Больш за тое, мова павінна апісваць любы запыт у выглядзе аперацый з табліцамі, а не з іх радкамі. Адною з такіх моў з'яўляецца SQL.

Трэці элемент рэляцыйнай мадэлі патрабуе ад рэляцыйнай мадэлі падтрымання некаторых абмежаванняў цэласнасці. Адно з такіх абмежаванняў сцвярджае, што кожны радок у табліцы павінна мець нейкі ўнікальны ідэнтыфікатар, званы першасным ключом. Другое абмежаванне накладваецца на цэласнасць спасылак паміж табліцамі. Яно сцвярджае, што атрыбуты табліцы, якія спасылаюцца на першасныя ключы іншых табліц, павінны мець адно з значэнняў гэтых першасных ключоў.

Самым папулярным прыкладам мадэлі базы даных з'яўляецца рэляцыйная мадэль.

## **3.2 Аналіз сістэм кіравання базамі даных**

Развіццё інфармацыйных тэхналогій непарыўна звязана з павелічэннем колькасці захоўваемых даных. Таму відавочна неабходнасць развіцця спецыялізаваных інструментаў.

Інструментар сучасных рэляцыйных сістэм кіравання базамі даных пастаянна ўдасканальваецца і развіваецца, з'яўляюцца новыя сэрвісы.

На сённяшні дзень рэляцыйная мадэль даных з'яўляецца асноўнай пры пабудове баз даных. Так адбываецца, таму што арганізацыя захоўвання інфармацыі ў выглядзе табліц інтуітыўна зразумелая карыстальнікам. Гэтая асаблівасць прывяла да з'яўлення мноства рэляцыйных сістэм кіравання базамі даных. Іх характарыстыкі істотна адрозніваюцца. Падбор найбольш прыдатнай сістэмы кіравання базамі даных стаў нетрывіяльнай задачай.

### **3.2.1 Oracle Database**

Аб'ектна-рэляцыйная сістэма кіравання базамі даных. Адна з ранніх версій стала першай камерцыйнай СКБД, якая падтрымлівае мову запытаў SQL. У цяперашні час даступна шэсць версій СКБД:

- Enterprise Edition

Найбольш поўная версія, не мае значных абмежаванняў. Дадзеная карпаратыўная рэдакцыя прадукту прызначаецца для буйных прадпрыемстваў. Карыстальнікам прадастаўляюцца опцыі, з дапамогай якіх ёсць магчымасць архітэктурна і функцыянальна палепшыць магчымасці сервера [5].

- Standard Edition

Абмежаванне па колькасці працэсарных раздымаў (не больш за 4-х). Рэдакцыя прызначана для выкарыстання ў прадпрыемствах сярэдняга памеру або ў падраздзяленні буйной кампаніі.

- Standard Edition One

Абмежаванне па колькасці працэсарных раздымаў (не больш за 2-х). Акрамя таго, не падтрымліваецца кластарызацыя.

- Personal Edition

Версія СКБД разлічана на выкарыстанне адным карыстальнікам.

- Lite

Дадзеная рэдакцыя прызначана для выкарыстання ў мабільных і ўбудавальных прыладах. Таксама магчыма выкарыстанне на прадпрыемствах малога памеру.

- Express Edition (XE)

Бясplatная версія СКБД. Выкарыстоўваецца толькі адзін працэсар, абмежаванні па колькасці аператыўнай памяці (1 Гб) і аб'ёму базы даных (11 Гб) [18].

Усе шэсць рэдакцый СКБД выкарыстоўваюць адзін зыходны код і маюць аналагічны функцыянал, выключаючы некаторыя спецыялізаваныя інструменты ў асобных версіях. Асноўная задача стандартнай, персанальнай і мабільнай версій – змяншэнне агульнага кошту валодання, прастата ўстаноўкі і выкарыстання ПЗ.

*Oracle Database* з'яўляецца кросплатформеннай СКБД. Гэта дасягаецца за кошт таго, што каля 80% праграмнага кода напісана на платформа-незалежнай мове Сі. А ядро сервера, якое складае астатнія 20% кода, перапісваецца пад пэўную платформу, так як рэалізавана на машынна-залежных мовах [15].

### **3.2.2 Microsoft Access**

Рэляцыйная СКБД, распрацаваная кампаніяй Microsoft. Убудаваная мова Visual Basic for Applications (VBA) (спрошчаная версія мовы праграмавання Visual Basic) дазваляе распрацоўваць дадаткі ў Access для ўзаемадзеяння з базамі даных. Нароўні з VBA ў дадатку выкарыстоўваецца мова структураваных запытаў SQL і мова макракаманд [12].

MS Access належыць да файл-сервернай СКБД, што істотна абмяжоўвае кола яе прымянення. У ролі рухавіка базы даных выступае Access Database Engine або Microsoft Jet 4.0 у залежнасці ад версіі данай СКБД [12]. MS Access сумяшчальны з вонкавымі СКБД кліент-сервернай архітэктур, такімі як MySQL, Firebird, Oracle і інш. Валодае устойлівасцю да збояў у

электрасілкаванні дзякуючы аўтаматычнаму захаванню пасля пераходу да наступнага запісу. Дадзены праграмны прадукт можна выкарыстоўваць пасля набыцця ліцэнзіі, хоць існуюць версіі, якія знаходзяцца ў вольным доступе.

Праект MS Access цалкам захоўваецца ў файле фармату accdb, спрашчаючы тым самым яго распаўсюд і работу з дадаткам ў цэлым. Розныя канструктары дазваляюць працаваць з дадзенай СКБД карыстальнікам, якія валодаюць нізкай кампетэнцыяй. Станоўчымі адрозненнямі дадзенай настольнай СКБД з'яўляюцца русіфікаваны інтэрфейс і дастатковая сістэма абароны інфармацыі.

### **3.2.3 MS SQL Server**

Сістэма кіравання рэляцыйнымі базамі даных. Першая версія СКБД з'яўляецца сумеснай распрацоўкай кампаній Sybase, Ashton-Tate і Microsoft [3]. MS SQL Server належыць да БД кліент-сервернай архітэктур. Мае вялікую колькасць версіяў і абнаўленняў. Апошнія версіі праграмнага прадукта маюць кампанент ядра СКБД (Database Engine); набор тэхналогій для сінхранізацый баз даных, званых рэплікацыяй; розныя службы работы з данымі, такія як служба прадастаўлення справаздач, аналізавання даных і т. п. [4].

*Microsoft SQL Server Express Edition* – гэтая версія прадукта, абмежаваная па функцыянале, але якая знаходзіцца ў вольным доступе [5]. Гэтая версія падыходзіць толькі ў маштабах невялікай кампаніі ў сілу зрэзаных магчымасцяў у параўнанні з *MS SQL Server*. У якасці мовы запытаў выступае працэдуранае пашырэнне мовы *SQL - Transact-SQL*.

*Microsoft SQL Server* сумяшчальны з базамі даных іншых фарматаў, такіх як

*Oracle, DB2, Sybase і Microsoft Access* [6]. Дадзеная СКБД мае палегчаны доступ карыстальнікаў да аналізаванай інфармацыі, што дасягаецца інтэграцыяй з пакетам праграм Microsoft Office. Акрамя таго, ёсць магчымасць шыфраваць базу даных, файлы журналаў ці файлы даных, забяспечваючы павышаную абароненасць захоўваемай інфармацыі.

### **3.2.4 Sybase Adaptive Server Enterprise**

Рэляцыйная СКБД, распрацаваная кампаніяй SAP [7]. Першапачаткова распрацоўвалася сумесна з Microsoft SQL Server, таму таксама выкарыстоўвае Transact-SQL як асноўную мову запытаў. З'яўляецца СКБД кліент-сервернай архітэктур. Прымяняецца ў сістэмах маштабам сярэдняга або вялікага прадпрыемстваў. Характарызуецца прастатой выкарыстання і нізкім коштам для сегментаў рынку СКБД, якія абслугоўваюць вялікія базы даных.

Выкарыстоўваецца пры неабходнасці адначасова працаваць з вялікім лікам карыстальнікаў, высокімі аб'ёмамі апрацоўванай інфармацыі для крытычна важных аб'ектаў. Акрамя таго дадзеная СКБД не залежыць ад праграмнага забеспячэння іншых вытворцаў.

SAP Sybase Adaptive Server Enterprise Cluster Edition - версія СКБД, якая валодае падвышанай адмоваўстойлівасцю, якая забяспечваецца за кошт разбіцця на кластары і перакладу карыстальнікаў на працаздольныя вузлы кластара з якія адмовілі вузлаў [8]. Пры збоі падчас выканання транзакцыі аперацыя выканаецца паўторна пасля перакладу на які працуе вузел

### **3.2.5 ЛИНТЕР**

СКБД расійскай вытворчасці, распрацаваная навукова-вытворчым прадпрыемствам РЕЛЭКС (Рэляцыйныя экспертныя сістэмы). З'яўляецца кросплатформенным праграмным забеспячэннем, якія падтрымліваюць большасць аперацыйных сістэм. Асноўным напрамкамі прымянення з'яўляюцца дзяржаўныя праекты, сістэмы рэальнага часу і убудаваныя сістэмы. СКБД ЛИНТЕР валодае высокай ступенню надзейнасці дзякуючы сістэме гарачага рэзервавання, т. Е. Рэзервовая сістэма падмяняе асноўную, якія выйшлі са строю, у аўтаматычным рэжыме. Мова запытаў у СКБД ЛИНТЕР адпавядае стандарту SQL: 2003 гады [9]. Існуе чатыры версіі СКБД: ЛИНТЕР Бастыён, ЛИНТЕР Стандарт, ЛИНТЕР Realtime і ЛИНТЕР Multiversion.

### **3.2.6 MySQL**

Кросплатформавая сістэма кіравання рэляцыйнымі базамі даных. Знаходзіцца ў вольным доступе, але ёсць і камерцыйная ліцэнзаваных версія ад кампаніі MySQL AB. СКБД мае адкрыты зыходны код [12]. Першапачаткова распрацоўвалася шведскай кампаніяй MySQL AB, з 2008 па 2010 гады - кампаніяй Sun Microsystems. На сённяшні дзень распрацоўкай і падтрымкай праграмнага прадукту займаецца карпарацыя Oracle. Першая ўнутраная версія СКБД выйшла ў 1995 годзе, а рэліз адбыўся ў студзені 2001 года. Дадзеная СКБД ўжываецца для кіравання сістэмамі малога ці сярэдняга памераў. СКБД MySQL дастасоўная ў сістэмах, якія маюць клиент- серверную і убудаваную архітэктурю. У версіях вышэй MySQL 3.22 няма абмежаванняў на максімальны памер табліц [10].

Існуе візуальны інтэрфейс для палягчэння працы з базамі даных MySQL - PhpMyAdmin [11]. СКБД MySQL версій 5.0 і вышэй адпавядаюць стандарту структураванага мовы запытаў SQL, таму яна сумяшчальная з іншымі базамі даных. Асноўнымі мовамі распрацоўкі з'яўляюцца C / C ++.

### 3.2.7 IBM Database 2

Сістэма кіравання рэляцыйнымі базамі даных. Распрацавана кампаніяй IBM. З'яўляецца кросплатформенным праграмным забеспячэннем. Асноўнымі мовамі распрацоўкі з'яўляюцца C / C ++, падтрымлівае дыялект мовы SQL. З 2000-ных гадоў кампанія IBM прадастаўляе доступ да бясплатнай версіі прадукта - DB2 Express-C. Дадзеная версія мае абмежаванні на колькасць выкарыстоўваемых СКБД працэсарных ядраў, на аб'ём выкарыстоўванай аператыўнай памяці і т. Д.

DB2 не мае ўласнай сістэмы аўтэнтыфікацыі карыстальнікаў [13]. Замест гэтага выкарыстоўваюцца спецыялізаваныя серверы бяспекі або сродкі аператыўнай сістэмы. Пасля аўтэнтыфікацыі DB2 вырабляецца толькі аўтарызацыя карыстальнікаў. Пры працы з SQL-серверам DB2 ёсць магчымасць дыягностыкі і апрацоўкі памылкі, гэта значыць, рэалізаваны прынцып кампіляцыі запытаў, а не інтэрпрэтацыі. Інтэрфейс канчатковага карыстальніка забяспечваецца асобным перыферычным прадуктам - QMF (Query Management Facility). Асноўнымі элементамі DB2 з'яўляюцца: Прэкампілятар (Precompiler); Генератар планаў прыкладных задач (Bind); Супервізар стадыі выканання (Runtime supervisor); Праграма кіравання захоўваемымі данымі (Stored data manager) [14].

### 3.2.8 Firebird

*Firebird* з'яўляецца серверам баз даных. Адзін такі сервер здольны апрацоўваць да некалькіх сотняў незалежных баз даных. *Firebird* прызначаецца для вялікіх баз даных, прычым базы даных могуць размяшчацца ў некалькіх файлах. СКБД заснавана на зыходным кодзе *InterBase 6.0* кампаніі *Borland* [15].

З'яўляецца рэляцыйнай СКБД кліент-сервернай або ўбудаванай архітэктурой. *Firebird* - кросплатформеннага праграмае забеспячэнне, падтрымоўванае такімі аператыўнымі сістэмамі, як Mac OS X, Linux, MS Windows і Unix платформаў. На дадзены момант апошняй версіяй прадукта з'яўляецца *Firebird 3.0*, якая выйшла ў красавіку 2016 года. У дадзенай СКБД вылучаюць некаторыя недахопы, сярод якіх, істотнае падзенне прадукцыйнасці пры росце ўнутранай фрагментацыі базы. ПА знаходзіцца ў вольным доступе, ліцэнзійных адлічэнняў няма нават для камерцыйнага выкарыстання прадукта. Ёсць магчымасць ствараць захоўваемыя працэдуры на працэдурым мове SQL (PSQL). Карыстальнік апавяшчаецца аб паспяховым завяршэнні транзакцыі.

Існуе 4 варыянты сервера: SuperServer, Classic, SuperClassic і Embedded, дзе *Firebird Embedded* - ўбудавальная версія [16]. Рэзервовае капіяванне даных можа ажыццяўляцца без прыпынку працы сервера. Акрамя таго, рэзервовую копію можна аднавіць на іншай АС. *Firebird* падтрымлівае многія міжнародныя



наборы сімвалаў, якія могуць быць адсартаваныя рознымі спосабамі. Праца адміністратара з СКБД Firebird зведзена да мінімуму, альбо зусім адсутнічае. Маецца мноства прыкладанняў ад іншых распрацоўнікаў для паляпшэння ўзаемадзеяння з карыстальнікам.

### **3.2.8 PostgreSQL**

Кросплатформенная ПА: падтрымліваюцца такія АС, як Linux, Mac OS X, Microsoft Windows; мноства UNIX-падобных платформаў і інш. PostgreSQL грунтуецца на мове SQL, шмат у чым адпаведным стандарту SQL: 2011 [16]. З'яўляецца свабодна распаўсюджваюцца праграмным забеспячэннем, але ёсць і платныя пашыраныя версіі - Postgres Plus для камерцыйнага выкарыстання і Postgres Plus Advanced Server для сумяшчальнасці з Oracle Database. У PostgreSQL выкарыстоўваецца кліент-серверная мадэль даных [17]. СКБД падтрымлівае працу з базамі даных вялікага памеру, класа прадпрыемства. Таму для хуткага аднаўлення працаздольнасці пры збоях выкарыстоўваецца механізм гарачага рэзервавання.

З'яўляецца аб'ектна-рэляцыйнай СКБД. У PostgreSQL рэалізаваны механізм таблічнага атрымання ў спадчыну, аналагічна аб'ектна-арыентаваным мовам праграмавання. Гэта значыць новая табліца можа спадчыну ад старой, як ад базавага класа ў ААП.

PostgreSQL валодае высокай гнуткасцю, т. К. Ёсць магчымасць выканання захоўваемых працэдур на мовах Java, Perl, Python, Ruby, C / C ++ і іншых [18]. Акрамя гэтага стандартная бібліятэка функцый ўтрымлівае мноства ўбудаваных функцый, што вызваляе карыстальніка ад іх напісання. Акрамя таго СКБД падтрымлівае працу з мноствам тыпаў даных і ў карыстальніка ёсць магчымасць ствараць ўласныя.

СКБД мае адкрыты зыходны код, а ліцэнзія BSD (Berkeley Software Distribution license) дазваляе яго свабодна мадыфікаваць і распаўсюджваць [18]. Гэта робіць PostgreSQL платформай для распрацоўкі прыкладанняў, якія выкарыстоўваюць рэляцыйную СКБД.

### **3.2.9 Interbase**

Кросплатформавая сістэма кіравання рэляцыйнымі базамі даных. На сённяшні дзень прасоўваннем ПА займаецца кампанія Embarcadero Technologies. Распрацоўкі па Interbase 6 Open Source ляглі ў аснову агульнадаступнай СКБД Firebird [17].

СКБД дастасоўная ў шырокім дыяпазоне варыянтаў выкарыстання: ад персанальнага кампутара да маштабу прадпрыемствы з сотнямі карыстальнікаў. Ёсць ўстойлівасць да адключэння сетак і страты харчавання за кошт рэзервавага

капіявання ў працэсе працы сервера без яго прыпынку. Адмоваўстойлівае забяспечваецца вядзеннем часопіса транзакцый, і магчымасці аднаўлення БД у пэўны момант часу.

Interbase падтрымлівае большасць сучасных моў праграмавання, такіх як Java, C, C++, .NET, Delphi, PHP і Ruby. Версія 2009 года выкарыстоўвае алгарытм сіметрычнага блокавага шыфравання AES / DES і падтрымлівае юнікод. Існуе магчымасць выкарыстання СКБД у хмарным асяроддзі Amazon EC2, што дазваляе арандаваць знешнія вылічальныя магутнасці [17]. Пасля работы з азнаямленчай версіяй абмежаваны час можна набыць ПА на пастаяннай аснове.

### **3.2.10 SQLite**

Дадзеная рэляцыйная СКБД з'яўляецца кросплатформенным праграмным забеспячэннем. Зыходны код, напісаны на мове Cі, знаходзіцца ў свабодным доступе [18].

Адметнай асаблівасцю дадзенай СКБД з'яўляецца спосаб доступу да базы даных. SQLite - ўбудавальная СКБД, яна ўяўляе з сябе бібліятэку, якая працуе ў тым жа працэсе, што і само прыкладанне [17]. Такая мадэль даных спрашчае праграму і памяншае час водгуку. База даных захоўваецца ў адным файле на кампутары, які выконвае дадзеную праграму. Гэты файл можна без работы перанесці на іншую ЭВМ.

Ёсць некаторыя асаблівасці пры работ з SQLite. Напрыклад, варта памятаць, што чытанне з адной базы даных можа ажыццяўляцца некалькімі працэсамі або патокамі, але запіс вырабляецца толькі ў тым выпадку, калі ў дадзены момант не выконваюцца іншыя запыты.

СКБД камплектуецца функцыянальнай кліенцкай часткай - выкананым файлам sqlite3. Гэтая кансольная ўтыліта дазваляе працаваць з файлам БД з каманднага радка [18]. Акрамя таго даныя ў SQLite могуць быць тыпізаваных дынамічна. Такім чынам, можна ўносіць інфармацыю ў слупок табліцы у не залежнасці ад яго тыпу.

## **3.3 Структура базы даных**

Для буфера станцыі выбрана для свабодна распаўсюджваемая рэляцыйная СКБД SQLite. Чытанне і запіс у базу даных будзе ажыццяўляць толькі адзін кліент - сама станцыя. Аднаплатавы камп'ютар станцыі здымае паказанні з даталоггера ў кэшце буфер, з якога ў наступнай ітэрацыі цыклу адпраўкі даных будуць дасланыя атрымальнікам. Станцыі маюць аўтаномнае сілкаванне, а даныя будуць адпраўляцца бесправадным спосабам, таму пастаяннае падтрыманне стану актыўнага далучэння да сеткі энергазатратнасць аперацыя.

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 базай даных для сервера праекта і вэб-сервера абрана свабодна распаўсюджаная рэляцыйная СКБД MySQL. Да сервера з базай даных адначасова можа быць падключана некалькі кліентаў (як станцыі, так і карыстальнікі), таму важная арганізацыя асінхроннага доступу да дадзеных з забеспячэннем іх цэласнасці, што і дазваляе ажыццяўляць СКБД MySQL.

База даных сервера змяшчае наступныя табліцы:

- Табліца для захоўвання інфармацыі аб саміх станцыях (унікальны ідэнтыфікатар станцыі, статус станцыі, каардынаты размяшчэння на карце, знакавае імя станцыі).
- Табліцы для захоўвання вымяральной інфармацыі (свая табліца для кожнага вымяранага параметру). Да кожнага вымярэнні супастаўленыя: ідэнтыфікатар станцыі, з якой было прынята вымярэнне; час вымярэння; вымеранае значэнне.
- Табліца захоўвання розных параметраў (унікальнае імя і значэнне параметру) неабходных для канфігурацыі сервера.

Вымяральная інфармацыя будзе захоўвацца за бесперапынны шматгадовы перыяд назірання, таму база даных спраектаваны на высокую прадукцыйнасць і для паскарэння доступу выкарыстоўваюцца індэксы. Індэксы прымяняюцца для хуткага пошуку радкоў з паказаным значэннем аднаго (ці некалькіх) слупкі. Без індэкса чытанне табліцы ажыццяўляецца па ўсёй табліцы пачынаючы з першага запісу, пакуль не будуць знойдзеныя адпаведныя радкі. Чым больш табліца, тым больш накладныя выдаткі. Калі ж табліца змяшчае індэкс па разглядаемых слупках, то СКБД можа хутка вызначыць пазіцыю для пошуку ў сярэдзіне файла даных без прагляду ўсіх даных. Індэксы устаноўлены на наступныя поля табліц: унікальны ідэнтыфікатар станцыі (ва ўсіх табліцах), час вымярэння параметру (у табліцах для захоўвання вымярэнняў), унікальнае імя параметру (у табліцы з параметрамі канфігурацыі).

## РАЗДЗЕЛ 4 ПАБУДОВА ІНТЭРФЕЙСАЎ ЎЗАЕМАДЗЕЯННЯ ПАМІЖ АБ'ЕКТАМІ СІСТЭМЫ

### 4.1 Прызначэнне і вобласць выкарыстання

Аўтаматызаваная станцыя гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу АНМЕС (далей – «станцыя») распрацоўваецца ў адпаведнасці з Пагадненнем аб прадастаўленні гранта Еўрапейскага Саюза 83265669. Станцыя прызначана для ажыццяўлення наступных функцый.

#### 4.1.1. Вымярэнне:

- узроўню вады ў адкрытым прыродным вадаёме;
- тэмпературы вады ў паверхневых водах адкрытага прыроднага вадаёма;
- канцэнтрацыі хларыдаў ( $\text{Cl}^-$ ) і нітратаў ( $\text{NO}_3^-$ ) у паверхневых водах адкрытага прыроднага вадаёма;
- значэння вадароднага паказчыка (pH) у паверхневых водах адкрытага прыроднага вадаёма;
- значэння акісляльна-аднаўленчы патэнцыяла ў паверхневых водах адкрытага прыроднага вадаёма;
- хуткасці і напрамку ветра;
- тэмпературы і адноснай вільготнасці навакольнага паветра;
- атмасфернага ціску;
- колькасці ападкаў.

4.1.2. Збор і апрацоўка гідраметэаралагічнай і экалагічнай інфармацыі (далей – «вымяральная інфармацыя»), якая паступае ад датчыкаў, якія ўваходзяць у склад станцыі, у адпаведнасці з дзеючымі нормамаі.

#### 4.1.3. Перадача вымяральнай інфармацыі:

- на сервер праекта «THEOREMS-Dnipro. Трансгранічная сістэма гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу ракі Дняпро» (грант-кантракт Еўрапейскага Саюза 83265669, далей – «сервер праекта»), месцаваны ў дзяржаўнай гідраметэаралагічнай/экалагічнай службе Беларусі або Украіны.

4.1.4. Перадача пры дапамозе бесправядных тэлекамунікацыйных каналаў аператыўнай і архіўнай вымяральнай інфармацыі станцыі для дыспетчарскага кантролю на аддаленых дыспетчарскіх пультах, якія знаходзяцца ў гідраметэаралагічных службах (праз сервер праекта).

4.1.5. Забеспячэнне дыстанцыйнага кіравання рэжымамі работы станцыі (часовыя інтэрвалы і чарговасць апытання датчыкаў, заданне рэжымаў энергаашчаджэння) з боку аддаленых дыспетчарскіх пультаў, якія знаходзяцца ў гідраметэаралагічных службах (праз сервер праекта).

4.1.6. Перадача пры дапамозе бесправядных тэлекамунікацыйных каналаў вымяральнай інфармацыі для аператыўнага інфармавання аб узнікненні, або

рызыцы ўзнікнення надзвычайных сітуацый у раёне, кантраляваным станцыяй, на аддаленыя дыспетчарскія пульты, якія знаходзяцца ў службах структур Міністэрстваў па надзвычайных сітуацыях Беларусі або Украіны (праз сервер праекта).

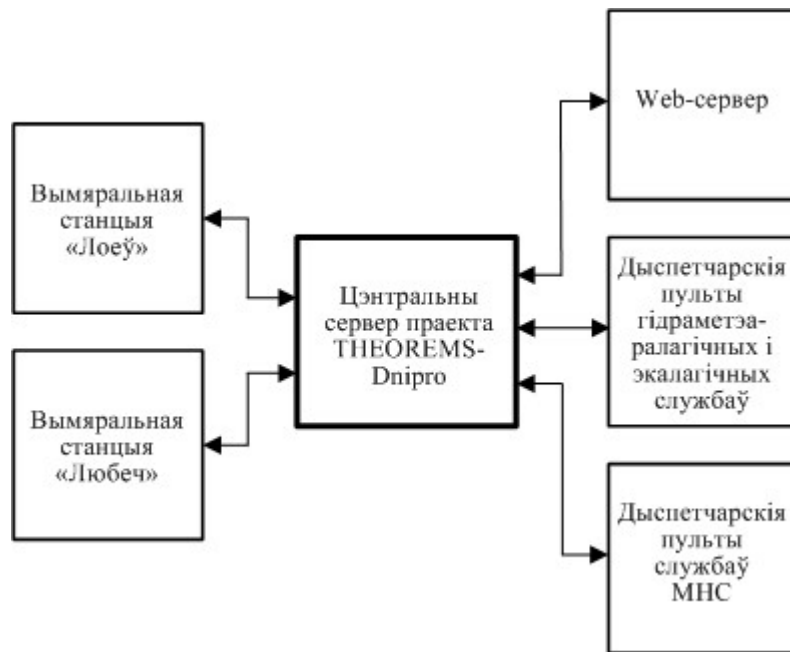
## 4.2 Структура і прынцып работы

У сувязі з тым, што сённяшні стан гідралагічных пастоў не адпавядае сучасным патрабаванням як па фарміраванні і перадачы інфармацыйных гідралагічных і метэаралагічных параметраў, так і па абагульненні вымяральной інфармацыі, у рамках праекта «THEOREMS-Dnipro» будзе праведзена мадэрнізацыя гідралагічных пастоў 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 дасць магчымасць своєчасова прымаць меры па зніжэнні або прадухіленні пашкоджванняў.

Аўтаматызацыя гідрапастоў заключаецца ў распрацоўцы апаратна-праграмнага комплексу. Тэхнічныя рашэнні ўяўляюць сабою аўтаматызаваныя станцыі гідраметэаралагічнага і экалагічнага маніторынгу АНМЕС, у якіх замест састарэлых сродкаў вымярэння будуць выкарыстоўвацца сучасныя датчыкі, а таксама блокі збору і апрацоўкі інфармацыі. Праграмныя сродкі ўяўляюць сабой інфармацыйную сістэму, якая дазваляе апрацоўваць і захоўваць вымераныя даныя ў базу, з далейшым прадастаўленнем інфармацыі праз Web-дадатак спажывецам.

Структура інфармацыйнай сістэмы па праекце рэалізавана паводле схемы «зорка» з цэнтральным серверам. У склад дадзенай сістэмы ўваходзяць наступныя кампаненты (малюнак 4.1):

- вымяральныя станцыі «Лоеў» і «Любеч»;
- цэнтральны сервер;
- дыспетчарскія пульты гідраметэаралагічных/экалагічных вымярэнняў;
- дыспетчарскі пульт МНС;
- Web-сайт праекта.



**Малюнак 4.1** – Структура інфармацыйнай сістэмы ANMES

Вымяральныя станцыі ANMES «Лоеў» і «Любеч» будуць пабудаваны па падобнай структуры са спецыялізаванага вымяральнага абсталявання і сродкаў збору і перадачы даных. Да сродкаў збору і перадачы даных належаць даталогер і аднаплатавы камп'ютар. Даталогер ажыццяўляе збор вымяральнай інфармацыі з датчыкаў, адпраўку яе да сервера Белгідрамета (Рэспубліка Беларусь) / Дзеснянскага басейнавага ўпраўлення водных рэсурсаў (Украіна) і аднаплатавага камп'ютара. У сваю чаргу, аднаплатавы камп'ютар збірае даныя са штатнага даталоггера, перадае іх на цэнтральны сервер праекта, а таксама ажыццяўляе работу па маніторынгу і кіраванню ўсёй станцыяй.

Цэнтральны сервер праекта (размешчаны ў Гомельскім філіяле Белгідрамет / Дзеснянскім басейнавым ўпраўленні водных рэсурсаў) 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.

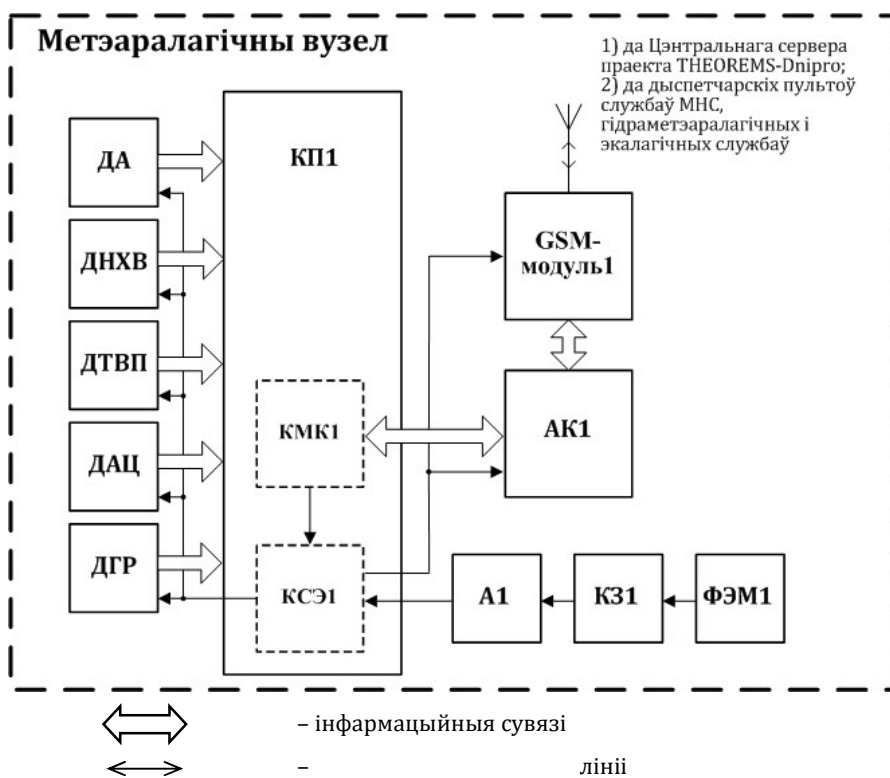
Дыспетчарскі пульт гідраметэаралагічных/экалагічных вымярэнняў ўяўляе сабой персанальны камп'ютар або любую аналагічную прыладу, абсталяваную маніторам, клавіятурай і аперацыйнай сістэмай сямейства Windows або Linux. Ён прызначаны для адлюстравання аперацыйнай і архіўнай

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 альбо галаўной гідраметэаралагічнай службе Рэспублікі Беларусь і аналагічна – Украіны.

Дыспетчарскі пульт МНС уяўляе сабой камп'ютар або аналагічную прыладу, якая знаходзіцца ў распараджэнні МНС з устаноўленым праграмным забеспячэннем. У праграмным забеспячэнні будзе рэалізавана апэратыўнае інфармаванне аб узнікненні, або рызыцы ўзнікнення розных надзвычайных сітуацый у раёне, кантралюемым вымяральной станцыяй АНМЕС «Лоеў» (Рэспубліка Беларусь) альбо «Любеч» (Украіна).

У адпаведнасці з прызначэннем станцыі, яе узбудыненая структура ўключае ў сябе два вузла (малюнкi 4.2 і 4.3):

- метэаралагічны вузел, які знаходзіцца на беразе;
- гідралагічны вузел, які знаходзіцца на плавучай платформе (буі).



**Малюнак 4.2** – Структурная схема метэаралагічнага вузла вымяральной станцыі АНМЕС: ДА – датчык ападкаў; ДНХВ – датчык напрамку і хуткасці ветра; ДТВП – датчык тэмпературы і вільготнасці паветра; ДАЦ – датчык атмасфернага ціску; ДГР – датчык глабальнай радыяцыі; КП1 – крос-плата; КМК1 – кіравальны мікракантролер; КСЭ1 – кіраваная сістэма электрасілкавання; ФЭМ1 – фотаэлектрычны модуль; КЗ1 – кантролер зараду; АК1 – аднаплатавы камп'ютар; А1 – акумулятар.

Метэаралагічны вузел выконвае задачу збору і захоўвання даных усіх вымярэнняў і перадачы інфармацыі па радыёканале. Перадача інфармацыі на цэнтральны сервер праекта ажыццяўляецца па GSM/GPRS-каналах з дапамогай модуля Neoway-n720. З дапамогай GSM-канала магчыма кіраванне алгарытмам работы станцыі з дыспетчарскіх пультыў гідраметэаралагічных і экалагічных службаў і службаў Гомельскага абласнога ўпраўлення МНС.

Метэаралагічны вузел мае ў сваім складзе комплексны метэаралагічны датчык Lufft WS700-UMB, які вымярае наступныя параметры:

- колькасць ападкаў;
- напрамак ветру;
- хуткасць ветру;
- тэмпературу паветра;
- адносную вільготнасць;
- атмасферны ціск;
- глабальную радыяцыю.

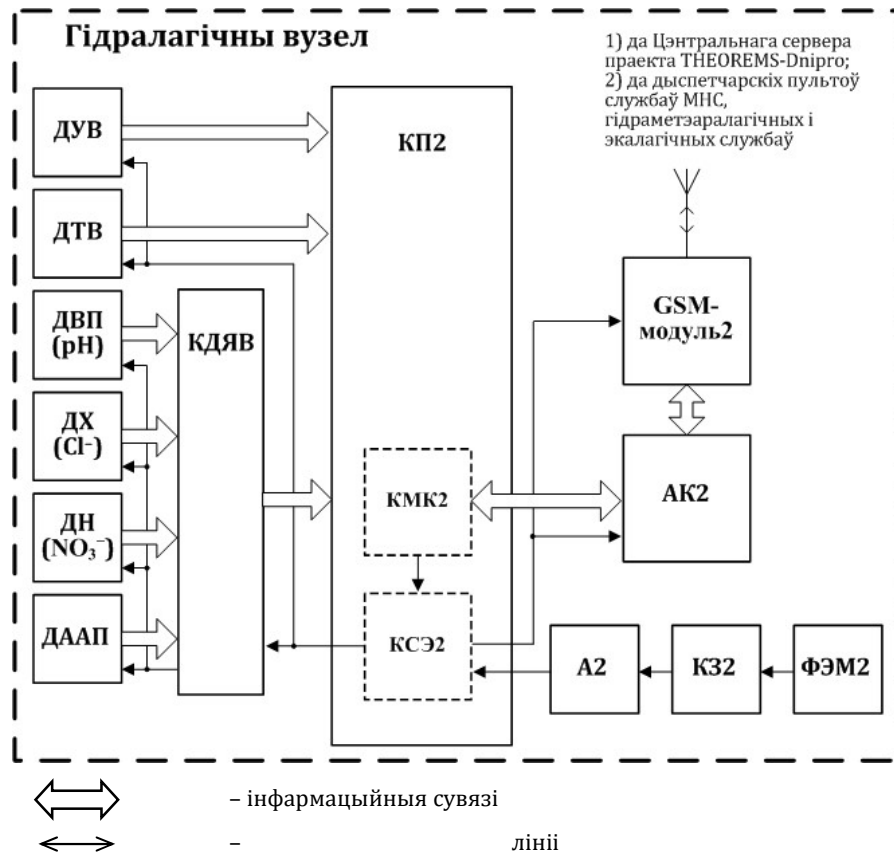
Усе датчыкі далучаны інфармацыйнымі каналамі да крос-платы, якая ажыццяўляе назапашванне вымяральной інфармацыі і падрыхтоўку яе для наступнай перадачы па каналах сувязі. Кіраванне алгарытмам работы аўтаматызаванай станцыі, электрасілкаваннем і сувяззю з дыспетчарскімі пультымі гідраметэаралагічных і экалагічных службаў і службаў МНС выконвае аднаплатавы камп'ютар SBC A62-J.

Метэаралагічны вузел атрымлівае аўтаномнае электрасілкаванне ад свінцовага акумулятара Kiper-12260 напружаннем 12В і ёмістасцю 26А·г. Датчыкі і модулі вузла атрымліваюць неабходныя ўзроўні напружання ад сістэмы кіраванага электрасілкавання, якая па камандзе з аднаплатавага камп'ютара падае напружанне на патрэбны датчык. Такі алгарытм дазваляе рэалізаваць энергаэфектыўны рэжым станцыі. Зарадка акумулятара ажыццяўляецца за кошт энергіі Сонца ад фотаэлектрычнага модуля MaysunSolar MS300 M-60 Series праз кантролер зараду MPPT LDSOLAR TD2207[24].

Гідралагічны вузел прызначаны для вымярэння тэмпературы і ўзроўню вады датчыкам PSM-t042a-TLPT, вымярэння параметраў экалагічнага стану вады [24] датчыкамі якасці вады ISEmax CAS40D (вадародны патэнцыял рН, нітраты  $\text{NO}_3^-$ , хларыды  $\text{Cl}^-$ ) і Orbisint CPS12D (акісляльна-аднаўленчы патэнцыял). Прамежкавая апрацоўка сігналаў з датчыкаў якасці вады ажыццяўляецца спецыялізаваным кантролерам Liquiline CM442. Сігналы з датчыкаў праз крос-плату паступаюць на аднаплатавы камп'ютар Orange pi zero і перадаюцца з дапамогай модуля Neoway-n720 на сервер. Гідралагічны вузел атрымлівае аўтаномнае электрасілкаванне ад свінцовага акумулятара



Кіпер-12260 напружаннем 12В і ёмістасцю 26А·г. Зарад акумулятара ажыццяўляецца ад фотаэлектрычнага модуля SolarFam SZ-50-30М.



**Малюнак 4.3** – Структурная схема гідралагічнага вузла вымяральной станцыі АНМЕС: ДУВ – датчык узроўню вады;

ДТВ – датчык тэмпературы вады; ДВП(рН) – датчык вадароднага паказчыка; ДХ(Cl<sup>-</sup>) – датчык хларыдаў; ДН(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) – датчык нітратаў; ДААП – датчык акісляльна-аднаўленчага патэнцыяла; КДЯВ – кантролер датчыкаў якасці вады; КП2 – крос-плата; КМК2 – кіравальны мікракантролер; КСЭ2 – кіраваная сістэма электрасілкавання; ФЭМ2 – фотаэлектрычны модуль; КЗ2 – кантролер зараду; АК2 – аднаплатавы камп'ютар; А2 – акумулятар.

### 4.3 Распрацоўка Web-сэрвісу

У якасці сістэмы кіравання сайтам (CMS) будзе выкарыстоўвацца WordPress. Яго выбар абгрунтаваны тым, што гэта бясплатнае праграмае забеспячэнне, з адкрытым зыходным кодам, якое рэгулярна абнаўляецца і падтрымліваецца распрацоўшчыкамі. Яна напісана на PHP, а таксама выкарыстоўвае сервер базы даных MySQL.

Інфармацыя аб вымярэннях будзе паступаць на сайт з дапамогай API (Application Programming Interface). API – гэта інтэрфейс, які дазваляе ўзаемадзейнічаць з БД праз каманды, якія вызначаны загадзя.

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

Іншыя агульнадаступныя API часцей за ўсё аддаюць даныя ў адным з двух фарматаў: XML або JSON. У нашым выпадку будзе выкарыстоўвацца JSON. За кошт сваёй лаканічнасці ў параўнанні з XML, фармат JSON можа быць больш прыдатным для серыялізацыі складаных структур. Калі казаць пра вэб-праграмы, у такім ключы ён дарэчны ў задачах абмену данымі, як паміж браўзэрам і серверам, так і паміж самімі серверамі (праграмныя 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. Вэб-сервер - Apache 2.4 або вышэй з mod_mysql, mod_xml, mod_zlib, mod_rewrite і ўключанай падтрымкай htaccess.

Сайт забяспечвае:

- Адлюстраванне навін;
- Вывад актуальнай інфармацыі, атрыманай са станцыі АНМЕС;
- Магчымасць прагляду гісторыі вымярэнняў у вызначаныя прамежкі часу;
- Захоўванне інфармацыйных карт месцаваннем станцыі АНМЕС (малюнак 4.5);
- Адлюстраванне графікаў.

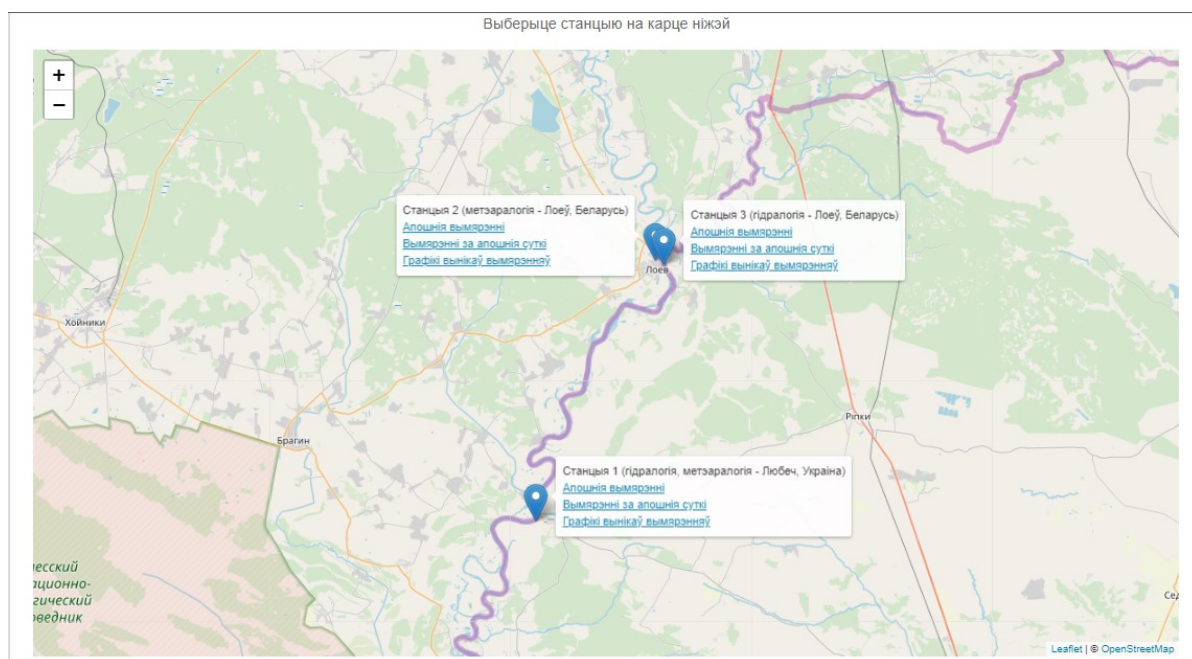
Для адлюстравання графікаў на сайце выкарыстоўваецца бібліятэка Chart.JS (малюнак 4.4)

*Chart.js* - гэта папулярны 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 эфектна відазмяняць графікі ў залежнасці ад новых даных, а таксама эксперыментавать з колерам.



**Малюнак 4.4** – Адлюстраванне графікаў на сайце

Для зручнасці навігацыі паміж станцыямі выкарыстоўваецца вэб-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.



**Малюнак 4.5** – Інфармацыйная карта на сайце

Табліца вымярэнняў за апошнія суткі адлюстроўвае гідралагічныя і экалагічныя параметры, асярэдненыя за 10-хвілінны інтэрвал (малюнак 4.6).

Выберыце дату: 20.06.2019

Атрымаць даныя

Метэаралагічныя параметры, асярэдненыя за 10-хвілінны інтэрвал

2019-06-20	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Тэмпература паветра	-	-	-	-	32.2	-	29.9	-
Вільготнасць паветра	-	-	-	-	28.5	-	35.8	-
Хуткасць ветру	-	-	-	-	0.3	-	1.1	-
Напрамак ветру	-	-	-	-	0	-	992	-
Інтэнсіўнасць ападкаў	-	-	-	-	340	-	340	-
Тып ападкаў	-	-	-	-	340	-	340	-
Атмасферны ціск	-	-	-	-	999.2	-	999.6	-

Гідралагічныя і экалагічныя параметры, асярэдненыя за 10-хвілінны інтэрвал

#### Малюнак 4.6 – Табліца апошніх вымярэнняў на сайце

Галоўная вартасць сайта ў тым, што вэб-дадатак з гідраметэаралагічнымі і экалагічнымі вымярэннямі можа працаваць незалежна ад асноўнага сайта з навінамі. Ён распрацаваны з выкарыстаннем сродкаў вэб-праграмавання згаданых вышэй, без выкарыстання гатовых CMS.

Такі падыход дазваляе карыстальнікам і мэтавым арганізацыям атрымліваць вымяральную інфармацыю нават у выпадку тэхнічных работ на асноўным сайце з навінамі.

#### 4.4 Аднаплатавы камп'ютар SBC-A62-J System

SBC-A62-J – гэта аднаплатавы камп'ютар памерам 110 x 86,5 мм на аснове ўбудаваных працэсараў NXP i.MX6, працэсара ARM<sup>®</sup> Cortex<sup>®</sup>-A9, адна-, двух- і чатырох'ядравых працэсараў з частотамі да 1 ГГц, які ідэальна падыходзіць для задач, якія патрабуюць мультымедычных магчымасцяў і/або высокага ўзроўню паралельных вылічэнняў, захоўваючы перавагі, прапанаваныя архітэктурай ARM з нізкім энэргаспажываннем у надзвычай абмежаванай прасторы [20].

Графічныя функцыі платы кіруюцца непасрэдна працэсарамі NXP i.MX6, якія аб'ядноўваюць да трох асобных паскаральнікаў для 2D, OpenGL<sup>®</sup> ES2.0 3D

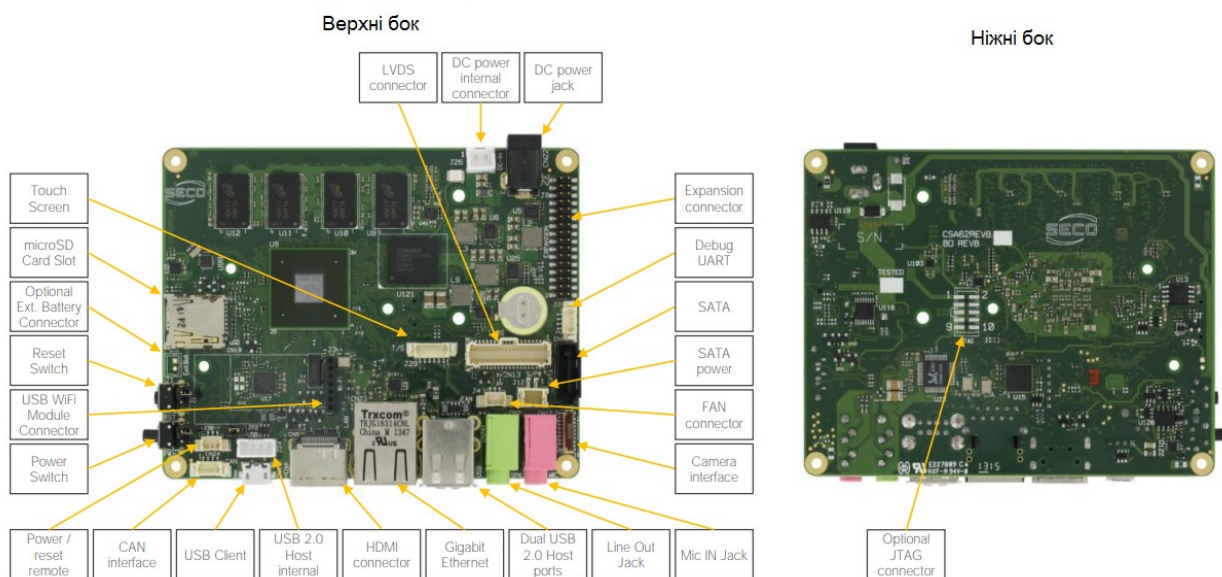
і OpenVG, забяспечваючы працэсару выдатныя графічныя характарыстыкі (паскаральнік OpenVG недаступны з і.MX6 Solo і Dual Lite працэсарамі).

Плата можа падтрымліваць да 3 незалежных дысплеяў (з чатырох'ядравым працэсарам і.MX6Q), якімі можна кіраваць праз канэктар HDMI і/або канэктар LVDS. Інтэрфейс LVDS таксама можа кіраваць адным 18/24-бітным адно/двухканальным дысплеем, а таксама двума незалежнымі 18/24-бітнымі аднаканальнымі дысплеямі. Пры выкарыстанні працэсараў і.MX6 Dual Lite і Solo падтрымка абмежаваная двума незалежнымі дысплеямі.

Плата камплектуецца памяццю DDR3L да 1 ГБ (да 512 МБ з і.MX6 Solo), непасрэдна прылітаванай да платы, і адным флэш-дыскам eMMC, даступным найпрост, як любы стандартны жорсткі дыск, ёмістасцю да 16 ГБ. Магчымасці запамінальнай прылады дапаўняюцца канэктарам SATA (толькі з працэсарам і.MX6Q), які можна выкарыстоўваць для падлучэння любога вонкавага дыску SATA, і слотам для карты microSD.

Уласны порт USB падлучаны да кантролера USB 2.0 USB-Hub, які дазваляе рэалізаваць два стандартных порта USB 2.0 Type A, унутраны порт USB на выдзеленым канэктары і яшчэ адзін порт USB – на 6-кантактны або 7-кантактны гнездавым канэктары, прызначаным для падлучэння дадатковых модуляў WiFi.

Аднаплатавы камп'ютар SBC-A62-J System прадстаўлены на малюнку 4.7.



**Малюнак 4.7** – Аднаплатавы камп'ютар SBC-A62-J System

Уласны інтэрфейс RGMII і.MX6 убудаваны ў Ethernet-прыёмнік Micrel KSZ9031RN, што дазваляе рэалізаваць інтэрфейс Gigabit Ethernet.

У табліцы 4.1 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі аднаплатавага камп'ютара SBC-A62-J System.



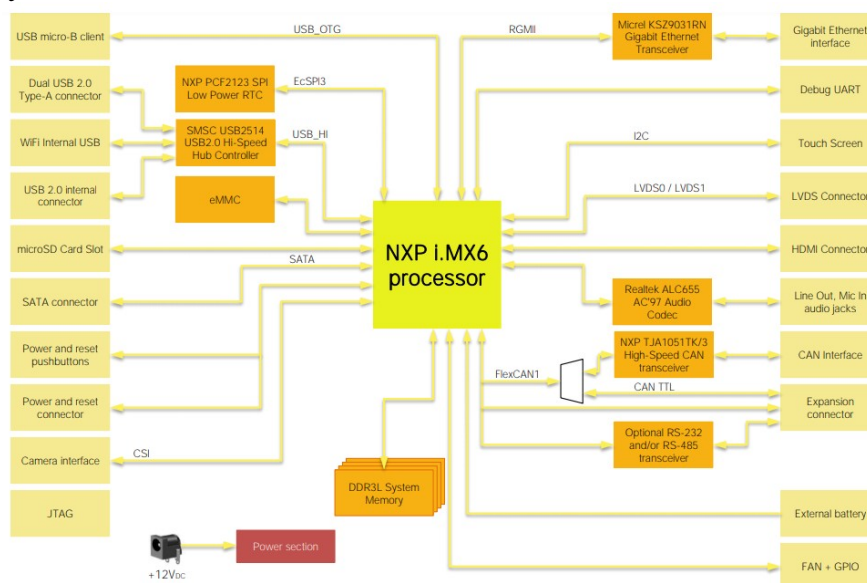
Табліца 4.1 – Тэхнічныя характарыстыкі аднаплатавага камп’ютара SBC-A62-J System

Працэсары	NXP i.MX6 Family, на ARM® CORTEX-A9
Памяць	прылігаваная DDR3L i.MX6Q, i.MX6DL: да 1 ГБ 64-bit i.MX6S: да 512MB 32-bit
USB	2 USB Type A; 1 USB micro-B; унутраны USB2.0
Напружанне сілкавання	+12 Vdc ±10%
Працоўны дыяпазон тэмператур	0 °C.. +60 °C
Іншыя інтэрфейсы	2 I <sup>2</sup> C; 28 GPIO; SPI; SPDIF Audio; 2 CAN (TTL); 3 PWM; 3 UART (TTL, RS232/RS485 modes); 32pin connector

OTG-порт i.MX6 падлучаны да канэктара USB micro-B, што забяспечвае падтрымку толькі рэжыму кліента.

Стандартныя функцыі гэтай платы дапаўняюцца 32-кантактным канэктарам пашырэння, які непасрэдна перадае 28 сігналаў, паступаючых ад працэсара i.MX6. Гэтыя сігналы могуць быць выкарыстаныя як агульныя ўваходы / выходы (GPIO). Аднак дзякуючы магчымасцям мультыплексавання вывадаў, прапанаваным працэсарам i.MX6, некаторыя групы гэтых вывадаў можна выкарыстоўваць для рэалізацыі іншых функцый, такіх як 3 x UART (якія таксама могуць прапаноўвацца з інтэрфейсам RS-232 або RS-485), SPI, 2 інтэрфейса CAN і многае іншае. Убудаваны аўдыёкодэк AC'97 кіруе двума аўдыёканэктарамі для LineOut і MicIn.

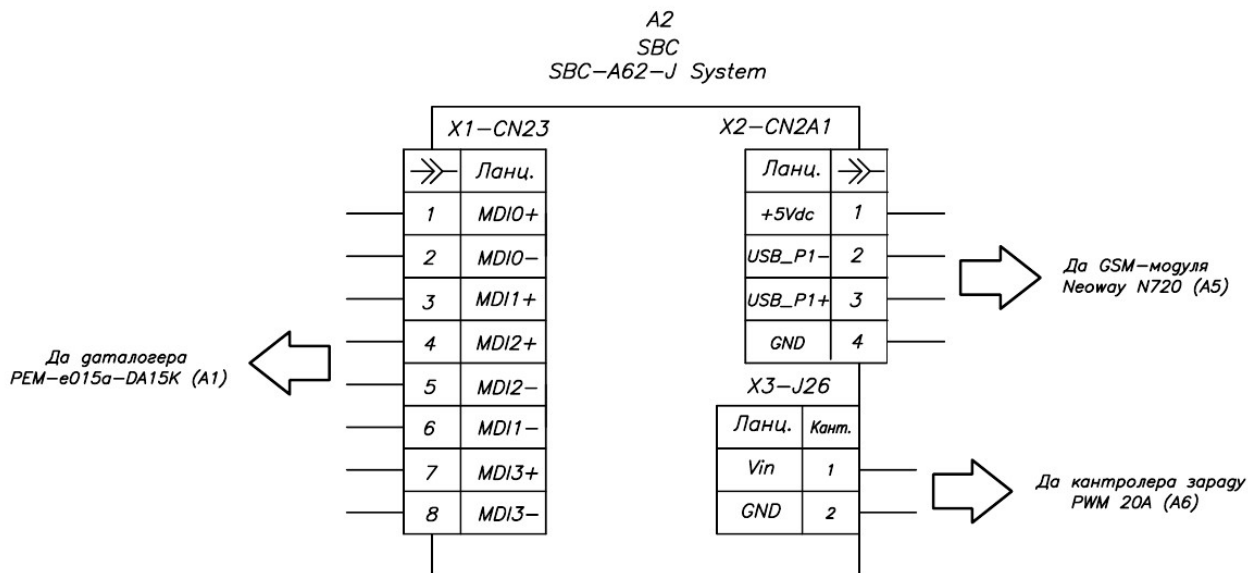
На малюнку 4.8 прадстаўлена блок-дыяграма аднаплатавага камп’ютара SBC-A62-J System.



Малюнак 4.8 – Блок-дыяграма аднаплатавага камп’ютара SBC-A62-J System

Для пастаўкі даступная плата ў версіі EXTREME, дзе ўсе кампаненты, усталяваныя на ёй, сертыфікаваны для работы ў прамысловым дыяпазоне, таму плата спецыяльна распрацавана для работы ў дыяпазоне  $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ . Дыяпазон тэмператур камерцыйнай версіі:  $0^{\circ}\text{C} \dots +60^{\circ}\text{C}$ .

На малюнку 4.9 намалявана прынцыповая схема падключэння вывадаў SBC-A62-J System, якія выкарыстоўваюцца ў схеме станцыі AHMES.

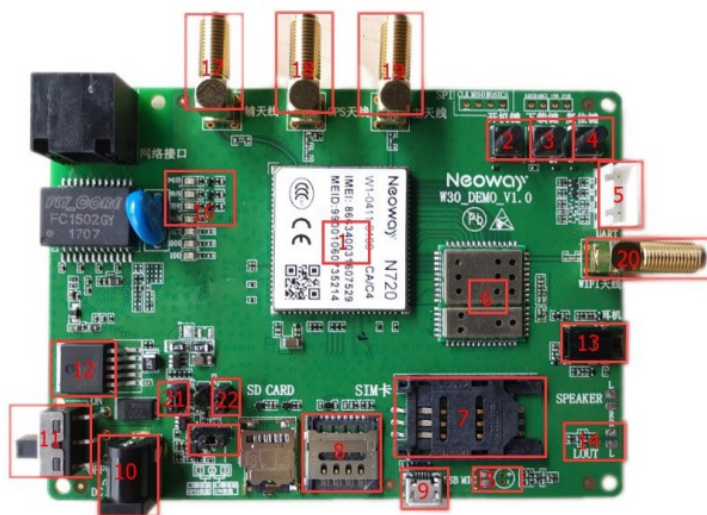


**Малюнак 4.9** – Прынцыповая схема падключэння вывадаў SBC-A62-J System, якія выкарыстоўваюцца ў схеме станцыі AHMES.

#### 4.5 GSM-модуль Neoway n720

Дэманстрацыйная плата Neoway N720 выкарыстоўваецца для ўводу ў эксплуатацыю апаратных і праграмных функцый інтэгральнага GSM-мадэма. Яна прадастаўляе розныя перыферычныя інтэрфейсы, уключаючы USB, SIM-карту, антэну, ON / OFF, RESET, UART, MIC, SPK і EARPHONE. Распрацоўшчыкі могуць увесці модуль ў эксплуатацыю праз AT-каманды пасля падлучэння крыніцы сілкавання і Micro USB [21].

Знешні выгляд GSM-модуля Neoway n720 прадстаўлены на малюнку 4.10.



Компаненты, адзначаныя чырвоным колерам, адпаведна:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. Модуль N720 LTE         | 12. 5V-3,8V LDO пераўтваральнік            |
| 2. Кнопка ON/OFF           | 13. Інтэрфейс навушнікаў                   |
| 3. Кнопка загрузкі         | 14. Інтэрфейс SPK                          |
| 4. Кнопка RESET            | 15. Інтэрфейс MIC                          |
| 5. 4-пінавы UART канэктар  | 16. Індыкатары: сілкавання, выкліку, сеткі |
| 6. Wi-Fi_Audio модуль      | 17. Канэктар антэны                        |
| 7. Канэктар SIM карты      | 18. Канэктар GPS-антэны                    |
| 8. Канэктар MicroSIM карты | 19. Канэктар 2G/3G/4G антэны               |
| 9. USB інтэрфейс           | 20. Канэктар Wi-Fi антэны                  |
| 10. 5VDC уваход            | 21. Сілкаванне GPS антэны                  |
| 11. 5V выключальнік        | 22. Сілкаванне модулю Wi-Fi_Audio          |

**Малюнак 4.10** – Знешні выгляд GSM-модуля Neoway n720

Модуль можа быць уведзены ў эксплуатацыю праз UART або USB. У кожным выпадку модуль атрымлівае сілкаванне праз пераўтваральнік LDO 5В-3,8В. Для запуску пераўтваральніка неабходна ўтрымліваць кнопку ON / OFF на працягу 2 секунд. Прыкладна праз 10 секунд модуль запускаецца цалкам, і распрацоўшчыкі могуць пачаць ўвод AT-каманд.

У табліцы 4.2 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі GSM-модуля Neoway n720.

**Табліца 4.2**– Тэхнічныя характарыстыкі GSM-модуля Neoway n720

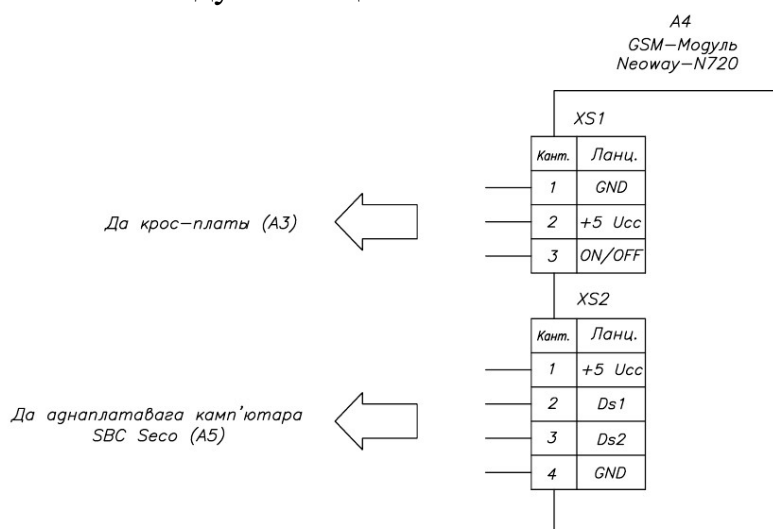
Працэсар	ARM Cortex-A7 1.2 GHz
Напружанне сілкавання	3,6 .. 4.5 Vdc
Працоўны дыяпазон тэмператур	-40 °C .. +80 °C
Ток спажывання (Idle)	4 mA
UART	4 Mbps, 1 group
USB	USB2.0, 1 group
Максімальная хуткасць прыёму, перадачы, LTE	150 Мбіт/с, 50 Мбіт/с
Максімальная хуткасць прыёму, перадачы, HSPA+	42 Мбіт/с, 5,76 Мбіт/с



Перед уводам у експлуатацію необхідно виконаць наступныя дзеянні:

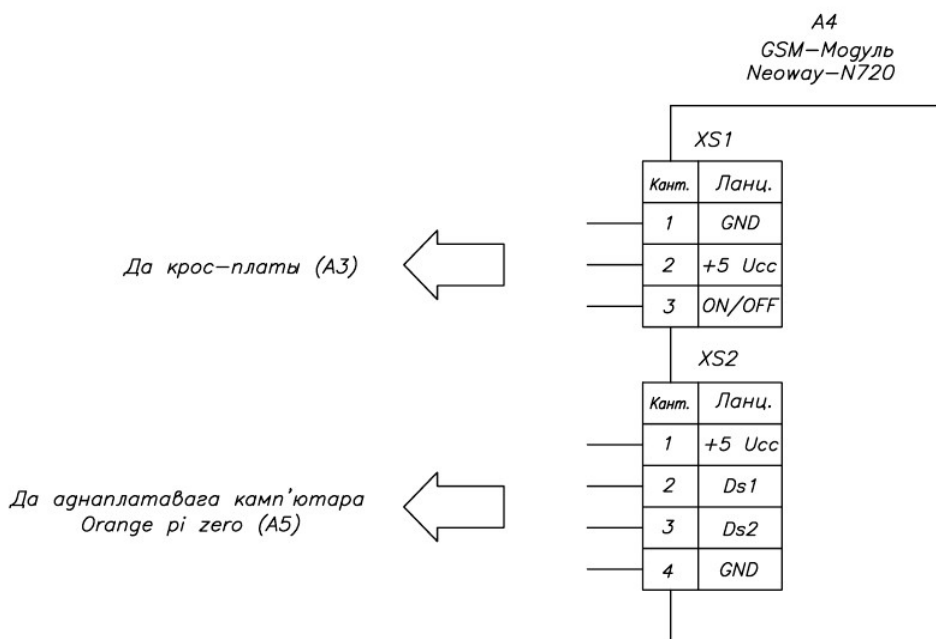
- 1) падлучыць антэны, уключаючы асноўную антэну, дапаможную антэну (пры неабходнасці), актыўную антэну GPS (для ўключэння функцыі GPS), антэну Wi-Fi (для актывацыі функцыі Wi-Fi);
- 2) уставіць SIM-карту (звычайную SIM-карту або Micro-SIM);
- 3) падключыцца да крыніцы сілкавання і ўключыць модуль.

На малюнку 4.11 намалявана схема падключэння GSM-модуля Neoway n720 у метэаралагічным модулі станцыі АНМЕС.



**Малюнак 4.11** – Схема падключэння GSM-модуля Neoway

На малюнку 4.12 намалявана схема падключэння GSM-модуля Neoway n720 у гідралагічным модулі станцыі АНМЕС.



**Малюнак 4.12** – Схема падключэння GSM-модуля Neoway n720 у гідралагічным модулі станцыі АНМЕС

#### 4.6 Сістэма сілкавання станцыі

Сістэма сілкавання станцыі будзе складацца з наступных частак:

- фотаэлектрычнага модуля MaysunSolar MS 300 M-60 Series;
- фотаэлектрычнага модуля SolarFam SZ-50-36M;
- кантролера зараду MPPT LDSOLAR TD2207;
- акумулятара Kiper GEL-12260 12V/26Ah.

У модулях MaysunSolar выкарыстоўваюцца найноўшыя інавацыйныя тэхналогіі элементаў, якія павышаюць выходную магутнасць модуляў і надзейнасць сістэмы, што забяспечваецца шматгадовым вопытам кампаніі, прадуманай канструкцыяй модуляў, строгім тэставаннем якасці спецыфікацыі, аўтаматызаваным вытворчым працэсам і 100% EL-тэставаннем [23].

На малюнку 4.13 паказаны фотаэлектрычны модуль MaysunSolar MS 300 M-60 Series.



**Малюнак 4.13** – Фотаэлектрычны модуль MaysunSolar MS 300 M-60 Series

У табліцы 4.3 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі фотаэлектрычнага модуля MaysunSolar MS 300 M-60 Series.

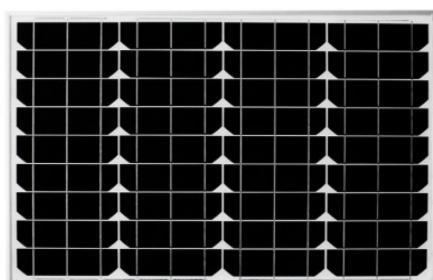
**Табліца 4.3** – Тэхнічныя характарыстыкі фотаэлектрычнага модуля MaysunSolar MS 300 M-60 Series

Максімальная магутнасць ( $P_{max}$ )	300W
Працоўнае напружанне ( $V_{mp}$ )	32,93 V
Працоўны ток ( $I_{mp}$ )	9,33 A
Напружанне халастага ходу ( $V_{oc}$ )	39,85 V
Ток кароткага замыкання ( $I_{sc}$ )	9,66 A
Эфектыўнасць модуля	18,4 %
Працоўны дыяпазон тэмператур	-40 °C .. +85 °C

Фотаэлектрычны модуль SolarFam SZ-50-36M мае наступныя асаблівасці:

- нізкае напружанне – тэмпературны каэфіцыент паляпшае работу пры высокай тэмпературы;
- выключныя характарыстыкі пры слабым асвятленні і высокая адчувальнасць да святла па ўсім сонечнага спектру;
- высокапрадукцыйныя абыходныя дыёды мінімізуюць падзенне магутнасці, выкліканае зацямненнем [23].

На малюнку 4.14 паказаны фотаэлектрычны модуль SolarFam SZ-50-36M.



**Малюнак 4.14** – Фотаэлектрычны модуль SolarFam SZ-50-36M

У табліцы 4.4 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі фотаэлектрычнага модуля SolarFam SZ-50-36M.

**Табліца 4.4** – Тэхнічныя характарыстыкі фотаэлектрычнага модуля SolarFam SZ-50-36M

Максімальная магутнасць ( $P_{max}$ )	50 W
Працоўнае напружанне ( $V_{mp}$ )	18,2 V
Працоўны ток ( $I_{mp}$ )	2,75 A
Напружанне халастога ходу ( $V_{oc}$ )	21,5 V
Ток кароткага замыкання ( $I_{sc}$ )	2,23 A
Працоўны дыяпазон тэмператур	-40 °C .. +85 °C

Кантролер зараду сонечнай батарэй MPPT LDSOLAR TD2207 дазваляе адсочваць кропку максімальнай магутнасці сонечных батарэй і такім чынам, выкарыстоўваць ўсю энергію, выпрацоўваемую імі. Пікавая эфектыўнасць кантролера – 98%.

На ўбудаваным дысплеі кантролера можна адсочваць бягучыя параметры ўсіх ланцугоў кантролера. Таксама, пры дапамозе дысплея і кнопак ажыццяўляецца настройка тыпу акумулятараў і таймера. Ёсць два асобных USB порта для прамой зарадкі розных прылад [23].

На малюнку 4.15 намаляваны кантролер зараду-разраду MPPT LDSOLAR TD2207.



**Малюнак 4.15** – Кантролер зараду-разраду MPPT LDSOLAR TD2207

Напружанне сістэмы (12 або 24 В) выбіраецца кантролерам аўтаматычна на аснове вымярэння напружання падлучаных акумулятараў. Напружанне, якое падключаюцца да кантролера сонечных батарэй, павінна быць роўнае напружанню падлучанага акумулятара.

У табліцы 4.5 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі кантролера зараду-разраду MPPT LDSOLAR TD2207.

**Табліца 4.5** – Тэхнічныя характарыстыкі кантролера MPPT LDSOLAR TD2207

Максімальная магутнасць сонечных батарэй	270 W пры 12 V 540 W пры 24 V
Максімальны ток на грузкі	20 A
Напружанне сістэмы	12/24 В (аўтаматычна)
Уласнае спажыванне	20 mA
Працоўны дыяпазон тэмператур	-25 °C .. +45 °C
Тыпы акумулятара	AGM / GEL / Flooded

Неабслугоўваемая, герметычная, свінцова-кіслотная акумулятарная батарэя Kiper GEL-12260 12V/26Ah, вырабленая паводле тэхналогіі GEL, з тэрмінам службы 12 гадоў. Ідэальна падыходзіць для работы ў буферным рэжыме або пры частых цыклічных разрадах ў экстрэмальных умовах [23].

На малюнку 4.16 прадстаўлена акумулятарная батарэя GEL-12260.



**Малюнак 4.16** – Акумулятарная батарэя GEL-12260

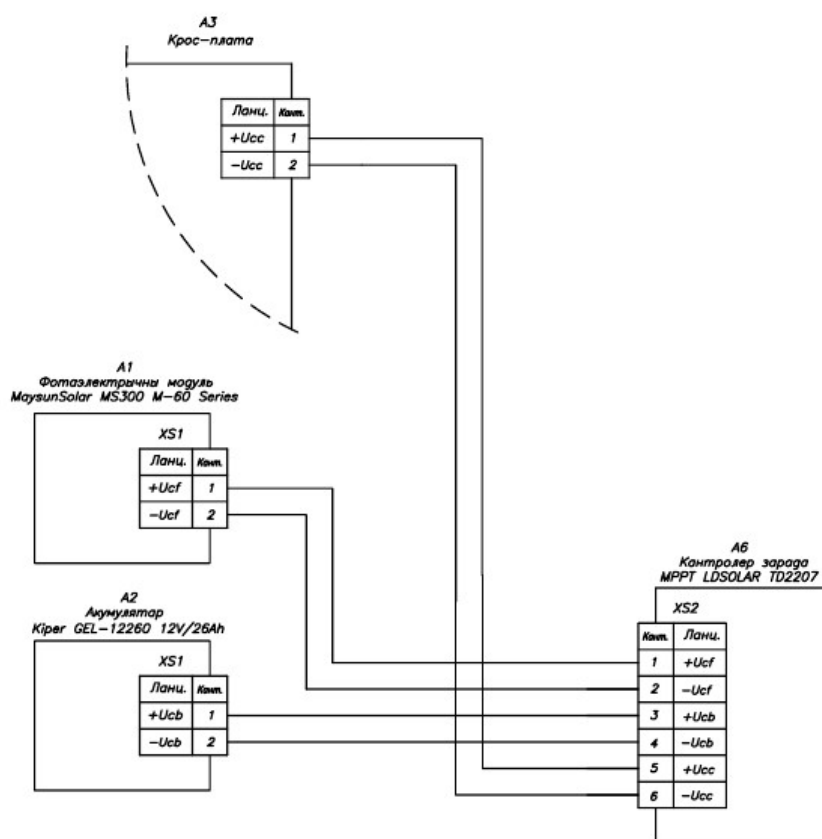
Серыя GEL прапануе выдатнае аднаўленне пасля глыбокай разрадкі і складае больш за 400 цыклаў пры 100% зарадцы. Падыходзіць для выкарыстання ў крыніцах бесперабойнага сілкавання, альтэрнатыўнай энергетыцы, сістэмах сувязі, тэлекамунікацыях і г.д.

У табліцы 4.6 адлюстраваны тэхнічныя характарыстыкі акумулятарнай батарэі GEL-12260.

Табліца 4.6 – Тэхнічныя характарыстыкі акумулятарнай батарэі GEL-12260.

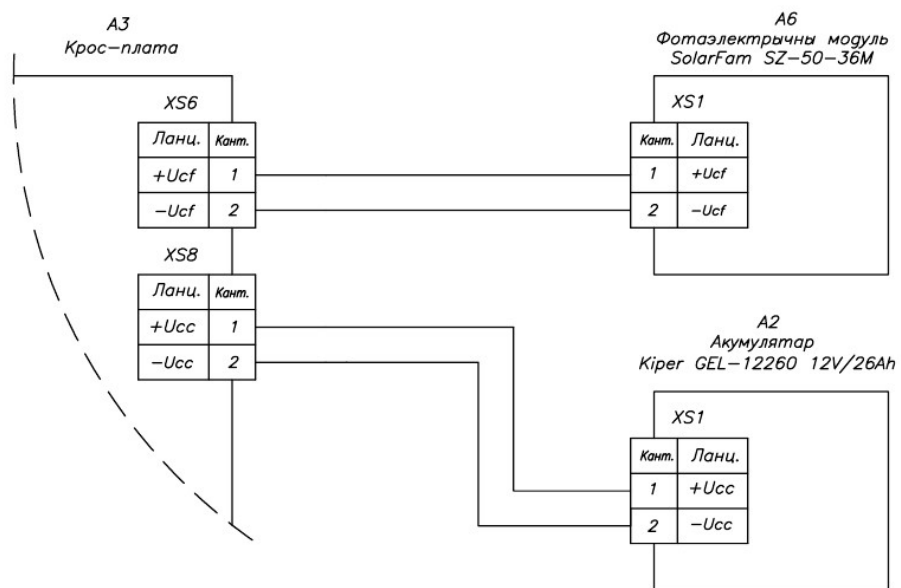
Колькасць цыклаў зарада	2400
Намінальнае напружанне	12 В
Маса	8,1 кг
Максімальны ток разраду	20 А
Намінальная ёмістасць	26 А*г
Працоўны дыяпазон тэмператур	-20 °С .. +60 °С
Самаразд	Меньш за 3%/мес (пры +25 °С)

На малюнку 4.17 паказана сістэма сілкавання метэаралагічнага вузла аўтаматызаванай станцыі гідраметэаралагічнага/экалагічнага маніторынгу АНМЕС.



**Малюнак 4.17** – Сістэма сілкавання метэаралагічнага вузла аўтаматызаванай гідраметэаралагічнай/экалагічнай станцыі АНМЕС

На малюнку 4.18 паказана сістэма сілкавання гідралагічнага вузла аўтаматызаванай гідраметэаралагічнай/экалагічнай станцыі АНМЕС.



**Малюнак 4.18** – Сістэма сілкавання гідралагічнага вузла аўтаматызаванай гідраметэаралагічнай/экалагічнай станцыі АНМЕС

## Заклучэнне

У рабоце была распрацавана сістэма збору, апрацоўкі і распаўсюджвання гідраметэаралагічнай і экалагічнай інфармацыі для праекта THEOREMS-Dnipro.

Распрацаваная вымяральная станцыя дазваляе аўтаматызаваць гідралагічныя, экалагічныя і метэаралагічныя назіранні. Апаратны комплекс дазволіць вымераць узровень і тэмпературу вады ў рацэ Дняпро, канцэнтрацыі хларыдаў, нітратаў, акісляльна-аднаўленчы патэнцыял, узровень рН, хуткасць і напрамак ветра, тэмпературу паветра, атмасферны ціск, колькасць 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 МНС для забяспечання магчымасці своєчасовага рэагавання на ўзнікненне надзвычайных сітуацый. Збор даных ажыццяўляецца на двух вузлах: метэаралагічным (усталяваны на беразе ракі), і гідралагічным (усталяваны на паверхні вады на бую, а таксама ў якарнай сістэме гідралагічнага буя). Даныя з метэаралагічнага і гідралагічнага вузлоў апрацоўваюцца на мікракантролерах і аднаплатавых камп'ютарах і адпраўляюцца на цэнтральны сервер пры дапамозе GSM-модулей. Абодва модулі сілкуюцца ад сонечных батарэй, з дапамогай акумулятараў і кантролераў зараду.

Да асноўных вартасцяў сістэмы варта аднесці яе высокую ступень аўтаматызацыі, надзейнасць, аўтаномнасць, адсутнасць неабходнасці частага абслугоўвання і экалагічнасць – выкарыстанне «зялёнай» энергетыкі.

Такім чынам, аўтаматызаваная станцыя гідраметэаралагічных і экалагічных назіранняў АНМЕС дасць магчымасць:

- бесперапынна вымераць узровень вады ракі Дняпро, а таксама іншыя экалагічныя, гідра- і метэаданыя;
- перадаваць сабраную інфармацыю на сервер праекта THEOREMS-Dnipro і Белгідрамета;
- 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.

Такі падыход забяспечыць магчымасць службам аховы навакольнага асяроддзя і vyrатавальным службам аператыўна вызначыць зону меркаванай надзвычайнай сітуацыі, што пры скарачэнні развіцця паводак і

забруджванняў водных рэсурсаў дазволіць мінімізаваць шкоду і, самае галоўнае, – выратаваць чалавечыя жыцці.

Усё вышэйсказанае яшчэ раз даказвае перспектыўнасць укаранення аўтаматызаванай станцыі АНМЕС для выкарыстання на гідралагічных пастах у Рэспубліцы Беларусь і Украіне, а ў перспектыве – і ў іншых краінах.



## Бібліяграфічны спіс

1. Паводкі ў Беларусі // БелТА [Электронны рэсурс]. – 2018. – Рэжым доступу : <https://www.belta.by/all-rubric-news/viewSuzet/pavodki-v-belarusi-341>. – Дата доступу : 14.04.2019.
2. Экалогія. Даведнік [Электронны рэсурс]. – 2018. – Рэжым доступу : <http://ru-ecology.info/page/00093945900992402270003000016401>. – Дата доступу : 14.04.2019.
3. Лакальны маніторынг навакольнага асяроддзя // ГІАЦ НСМНА [Электронны рэсурс]. – 2017. – Рэжым доступу : [http://www.nsmos.by/tmp/fckimages/NSEM%20book%202014/11-lokaln\\_y%20monitoring.pdf](http://www.nsmos.by/tmp/fckimages/NSEM%20book%202014/11-lokaln_y%20monitoring.pdf). – Дата доступу : 17.04.2019.
4. Параўнальны аналіз баз даных і баз ведаў (анталогія) дастасавальна да мадэлявання складаных працэсаў. Рэжым доступу: <http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34325> Дата доступу : 11.11.2018.
5. Рейтинг СКБД 2016. Рэжым доступу: <http://tagline.ru/database-management-systems-rating/> Рэжым доступу: 11.11.2018.
6. СКБД SQLite. Рэжым доступу: <https://sites.google.com/site/javatokens/sqlite> Дата доступу : 09.11.2018.
7. Сеннов А. Access 2010. Навучальны курс. СПб.: Питер, 2010. 288 с.
8. СКБД Microsoft Access. Рэжым доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Access](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Access) Дата доступу : 12.10.2018.
9. СКБД Microsoft SQL Server. Рэжым доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_SQL\\_Server](https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_SQL_Server) Дата доступу : 12.10.2018.
10. Тэхнічная дакументацыя па SQL Server. Рэжым доступу: <https://msdn.microsoft.com/library/ms130214.aspx> Дата доступу : 12.10.2018.
11. СКБД Microsoft SQL Server. Рэжым доступу: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Microsoft\\_SQL\\_Server](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Microsoft_SQL_Server) Рэжым доступу: 12.10.2018.
12. Асноўныя паняцці інфарматыкі. Віды сістэм кіравання базамі дадзеных. Кароткая характарыстыка СКБД Microsoft SQL Server. Рэжым доступу: [http://krasgmu.ru/sys/files/ebooks/el\\_medinfo/200.html](http://krasgmu.ru/sys/files/ebooks/el_medinfo/200.html) Рэжым доступу: 12.10.2018.
13. СКБД Adaptive Server Enterprise. Рэжым доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Adaptive\\_Server\\_Enterprise](https://ru.wikipedia.org/wiki/Adaptive_Server_Enterprise) Рэжым доступу: 12.10.2018.
14. СКБД Sybase Adaptive Server Enterprise. Рэжым доступу: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Microsoft\\_SQL\\_Server](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Microsoft_SQL_Server)

- 83%D0% BA%D1%82:Sybase\_Adaptive\_Server\_Enterprise\_(ASE) Рэжым доступу: 19.10.2018.
15. СКБД ЛИНТЕР. Рэжым доступу: <https://tinyurl.com/y5ggzbda> Рэжым доступу: 19.10.2018
  16. СКБД MySQL. Рэжым доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MySQL> Рэжым доступу: 19.10.2018.
  17. СКБД MySQL. Рэжым доступу: <http://www.webmasterwiki.ru/mysql> Рэжым доступу: 19.10.2018.
  18. Што такое СКБД MySQL. Рэжым доступу: <http://www.weblibrary.biz/mysql/info/bazy-dannyh-sql> Рэжым доступу: 19.10.2018.
  19. SolarFam SZ-50-36M // FLEXTech [электронны рэсурс]. – 2018. – Рэжым доступу: <https://www.flextech.energy/wp-content/uploads/2018/09/solarfam-rigid-solar-panels.pdf>
  20. Solar Radiation on a Tilted Surface. [электронны рэсурс] рэжым доступу да дакументу: <https://pveducation.org/ru/pvedrom/properties-sunlight/solar-radiation-tilted-surface>
  21. Гідралагічныя назіранні ў Беларусі // POGODA.BY [электронны рэсурс]. – 2018. – Рэжым доступу: [http://pogoda.by/flmaps/?map=belarus\\_hidrology](http://pogoda.by/flmaps/?map=belarus_hidrology)
  22. Крышнеў Ю.В., Хананов В.А., Ростокіна О.М., Яковец В.Д., Кухаренка С.Н., Безручко В.М. Датчык якасця вады для аўтаматызаванай станцыі гідрометеаралогічнага/экалагічнага моніторынгу АНМЕС // Сучасныя праблемы машынабудавання: матэрыялы XII Міжнароднага навука-тэхнічнага канферэнцыі (навука. чытання, прысвечана П.О. Сухому), Гомель, 22–23 лістапада. 2018 г. / М-ва адукацыі Рэсп. Беларусь, Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П.О. Сухого; пад агульным рэдакцыяй А.А. Бойка. – Гомель : ГГТУ імя П.О. Сухого, 2018. – С. 171-173.
  23. Сонячны фотэлектрычны ператваральнік LP-270P. [электронны рэсурс], рэжым доступу да дакументу: <https://logicfox.ua/catalog/alternativnaya-energetika/0005514/0006551.html>
  24. Універсальны чатырохпраходны шматканальны кантролер Liquiline CM442 // Endress + Hauser AG [электронны рэсурс]. – 2018. – Рэжым доступу: [https://portal.endress.com/wa001/dla/5000384/6230/000/05/BA00444CRU\\_2017.pdf](https://portal.endress.com/wa001/dla/5000384/6230/000/05/BA00444CRU_2017.pdf)
  25. Несцярэнка М.А., Рамнёў У.А., Крышнеў Ю.В., Сахарук А.У. Сістэма збору і прадстаўлення на Web-сайце гідраметэаралагічнай і экалагічнай вымяральной інфармацыі // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVIII Международного научно-технического конференции студентов, аспирантов и молодых ученых/ М-во адукацыі Рэсп. Беларусь, Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт імя П.О. Сухого; пад агульным рэдакцыяй А.А. Бойка. – Гомель : ГГТУ імя П.О. Сухого, 2018. – С. 382-385.