

Кузьмич Л. В., д.т.н., головний науковий співробітник (Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ), **Воропай Г. В., к.т.н., завідувач відділу дренажу** (Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ), **Кузьмич А. А., магістрантка** (Ягеллонський університет, м. Краків), **Поліщук В. В., к.с.-г.н., завідувач відділу зрошення** (Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ), **Кузьмич С. А., студент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, kuzmych_vg17@nuwm.edu.ua)

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ІНЖЕНЕРНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ВОДОГОСПОДАРСЬКО- МЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

У статті запропоновано концепцію побудови автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем; розглядаються завдання, пов'язані з принципами побудови, особливостями функціонування та працездатності, а також технічного стану та надійності об'єктів водогосподарсько-меліоративного комплексу. Наведено структурну чотирирівневу принципову схему автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем, що забезпечуватиме виконання поставлених до неї вимог.

Ключові слова: автоматизована система; інженерна інфраструктура; гідромеліоративна система; дистанційний моніторинг; контроль; технічний стан; датчик.

Постановка проблеми

Відповідно до схваленої Кабінетом Міністрів України «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» (Розпорядження КМУ від 14 серпня 2019 р. № 688-р), стан меліоративного землеробства за рівнем використання наявних потужностей інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу характеризується як кризовий із загрозою погіршення.

Серед першочергових заходів реалізації даної Стратегії заплановано здійснити інвентаризацію меліорованих земель, зокрема інженерної інфраструктури міжгосподарських та внутрішньогосподарських мереж гідромеліоративних систем з метою встановлення ефективності їхнього функціонування, що передбачає проведення оцінки технічного стану даних об'єктів.

Моніторинг та контроль технічного стану інженерної інфраструктури меліоративних систем виконується в даний час шляхом візуальних натурних обстежень та, за необхідністю, локальних інструментальних вимірювань відповідно до положень нормативних документів.

Використовуючи результати проведених натурних обстежень, розробляється комплекс заходів щодо догляду за об'єктами інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем, їхнього технічного обслуговування, ремонту або реконструкції.

З розвитком геоінформаційних систем і технологій, дистанційного вимірювання, удосконаленням приладових систем, обладнаних датчиками різного призначення, на сьогоднішній день є можливим здійснення постійного та безперервного дистанційного автоматизованого моніторингу технічного стану водогосподарсько-меліоративного комплексу з контролем їхніх нормативних технічних параметрів, що дозволить оперативно реагувати на зміни технічних характеристик як елементів, так і всієї конструкції в цілому. Також це дозволить здійснювати технічне обслуговування об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем за фактичним станом, а не згідно нормативних термінів, які не завжди відповідають дійсності.

Тому проблеми, пов'язані зі створенням сучасної комплексної оперативної автоматизованої системи моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем, що працює в динамічному режимі, є актуальними.

Аналіз останніх досліджень

З розвитком високих технологій та інтелектуалізації технологічних процесів все більшої актуальності набувають рішення оперативних діагностичних задач, що забезпечують ефективну експлуатацію дорогої і складної апаратури та техніки. Це, в свою чергу, вимагає ефективного і чіткого вирішення проблеми автоматизації процесу моніторингу, діагностування та контролю [1-4].

Останні десятиріччя ознаменувалися істотним прогресом у розвитку апаратного і програмного забезпечення систем збору і обробки вимірювальної інформації, певним переворотом в технології вимі-

рувань, який називають революцією віртуальних вимірювальних засобів (ВВЗ) [5].

ВВЗ – це приладові системи, що вміщують у собі і ЕОМ, багатофункціональні і багатоканальні аналого-цифрові пристрої введення-виведення, зовнішні програмно-керовані модулі попередньої обробки сигналів, приладів, а також спеціалізованих програмних оболонок, що дозволяють керувати алгоритмами збору, обробки та візуального представлення вимірювальної інформації [5–9].

Ключовим елементом ВВЗ є програмне забезпечення (ПЗ) для збору та обробки вимірювальної інформації, яке різниться своїми функціональними можливостями, проблемною орієнтацією та рівнем програмних засобів, що застосовуються. Якість і гнучкість ПЗ, що використовується при створенні систем збору даних, за кінцевим рахунком, визначають їхню якість і корисність в цілому.

Практично всі виробники апаратного та програмного забезпечення для систем збору даних поставляють на ринок власні версії ПЗ різного рівня: від найпростіших драйверів приладів і пристроїв до потужних інтегрованих програмних оболонок, що підтримують різні інтерфейси, сотні приладів і вбудованих модулів, що дозволяють конфігурувати вимірювальну систему будь-якої складності.

Для створення комплексу програмно-апаратних засобів типової системи збору та передачі інформації необхідно забезпечити розумне поєднання вартості обладнання і експлуатаційних характеристик системи. Типові системи збору і передачі інформації і її основні елементи на сьогоднішній день ефективно застосовуються при вирішенні широкого кола завдань автоматизованої системи управління різними технологічними процесами (АСУТП) [10–13].

Сучасні системи управління процесами передачі і обробки даних, виконують складні і відповідальні функції. Для автоматизованих систем контролю і управління, які використовуються у водогосподарсько-меліоративному комплексі, необхідне забезпечення високого рівня їхньої функціональної надійності, під якою розуміють завершеність, достовірність і своєчасність реалізації заданого алгоритму функціонування.

Формулювання мети

Для забезпечення цілісності функціонування гідромеліоративної системи необхідно забезпечити надійність функціонування всіх її підсистем, в тому числі об'єктів інженерної інфраструктури. Тому необхідним завданням є впровадження інтелектуальних систем диста-

нційного моніторингу та контролю їхнього технічного стану, тобто пошук і локалізація технічних несправностей та пошкоджень з метою оперативного реагування.

Виклад основного матеріалу

Концепція побудови та структури автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем (див. рис. 1) містить автоматизовану систему опитування датчиків (АСО) та інформаційно-діагностичну систему (ІДС), що працює в локальній або корпоративній комп'ютерних мережах і є інтегрованою на програмному рівні, при цьому АСО здійснює наскрізну передачу даних від первинних датчиків до центрального серверу збору даних. На виході з сервера збору даних АСО інтегрується з ІДС.

В цілому, автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем являє собою автоматизовану систему «відкритого типу», що забезпечує можливість поетапного розвитку системи, взаємозамінність апаратних і програмних засобів і сумісність з АСУ іншого рівня.

АСО являє собою розподілену систему дистанційного моніторингу та контролю, яка побудована за технологією так званої «промислової мережі», що забезпечує надійний захист від перешкод, здешевлення і спрощення робіт з монтажу та експлуатації системи автоматики. «Промислова мережа» здійснює фізичне об'єднання вимірювальних, комунікаційних і керуючих пристроїв та дозволяє використовувати відкриті програмно-логічні протоколи обміну інформацією.

Автоматизована система дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу структурно складається з чотирьох рівнів:

- 1) перший нижній рівень – контрольовано-вимірювальна апаратура, що містить первинні датчики, вимірювальні пристрої тощо;
- 2) другий рівень – система узгодження сигналів служить для виділення і перетворення сигналів (у цифровий вигляд) з врахуванням виду перетворення сигналу;
- 3) третій рівень – система збору і передачі сигналів, що являє собою систему телекомунікацій, перетворення і передачі інформації в цифровому коді на центральний блок збору даних АСО;

- 4) четвертий верхній рівень – програмно-технічний комплекс, що містить центральний блок автоматизованого опитування та інформаційно-діагностичну систему контролю безпеки об'єктів інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу з відповідним комп'ютерним і програмним забезпеченням.

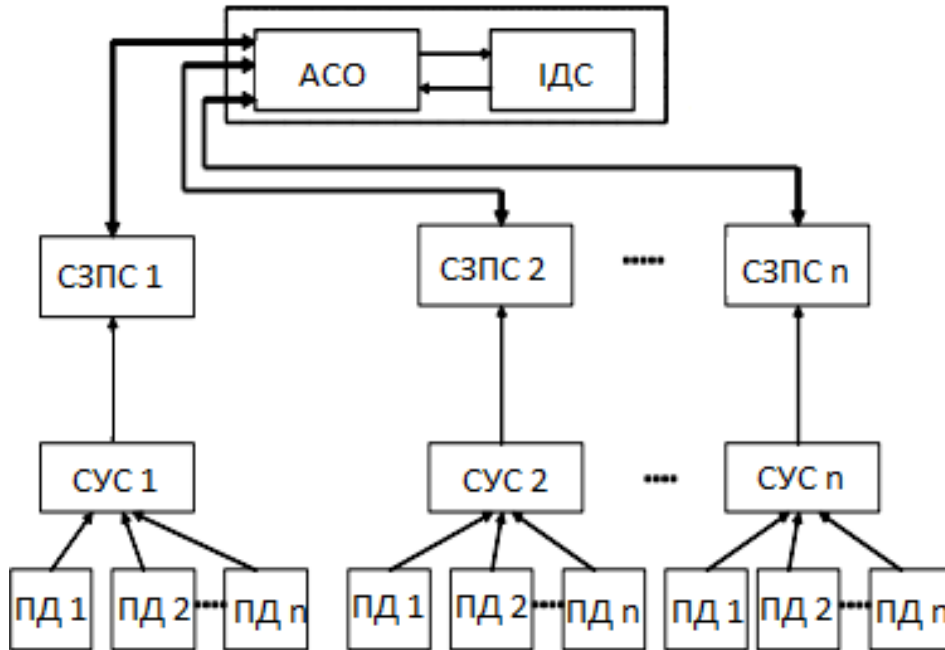


Рис. 1. Принципова структурна схема автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу: АСО – автоматизована система опитування датчиків; ІДС – інформаційно-діагностична система; СЗПС – система збору і передачі сигналів; СУС – система узгодження сигналів; ПД – первинний датчик

На першому нижньому рівні автоматизована система застосовує безпосередньо вимірювальні пристрої з датчиками, які реєструють фізичні процеси і впливи на об'єкти інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу. В системі автоматизації можуть застосовуватися різноманітні первинні датчики, зокрема: датчики переміщення; датчики напруження; датчики тиску; датчики рівнів води; датчики надлишкового тиску на напірних і безнапірних п'єзометрах; датчики-витратоміри; датчики температури та ін.

Другий і третій рівні вміщують засоби комутації датчиків, перетворення аналогового сигналу в цифровий код, лінії зв'язку для передачі сигналів від датчиків на центральний блок АСО.

Верхній четвертий рівень системи являє собою програмно-технічний комплекс, що складається з:

- контролера введення-виведення даних;
- центрального блока на базі промислового сервера збору даних;
- базового і спеціалізованого програмного забезпечення для управління автоматизованим опитуванням датчиків.

Інформаційно-діагностична система являє собою заключну ланку автоматизованої системи. Вона взаємодіє з системою АСО на програмному рівні по локальній комп'ютерній мережі та здійснює функції збору, зберігання, обробки, аналізу даних по всіх видах натурних спостережень (інструментальних, візуальних), а також виконує оперативну діагностику технічного стану інженерної інфраструктури гідромеліоративних систем на основі зіставлення вимірних показників стану з їхніми критеріальними значеннями.

На основі вищевикладеного, сучасна автоматизована система дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати автоматизоване опитування датчиків, збір інформації, її зберігання, передачу, обробку та аналіз в інформаційно-діагностичній системі;
- використовувати існуючу мережу контрольної-вимірної апаратури на об'єктах інженерної інфраструктури водогосподарсько-меліоративного комплексу;
- забезпечити автоматичне опитування датчиків по заданому часовому режиму з можливістю ручного запуску опитування при налагодженні та перевірці АСО;
- здійснювати обробку вимірної інформації з врахуванням заводської обстановки;
- формувати інформаційний пакет даних натурних спостережень зі збереженням всієї інформації в пам'яті сервера збору даних і в архівах на незалежних носіях.

Висновки

Запропонована концепція побудови автоматизованої системи дистанційного моніторингу та контролю технічного стану об'єктів ін-

женерної інфраструктури водогосподарсько-гідромеліоративного комплексу дозволяє діагностувати та контролювати фактичний технічний стан даних об'єктів в реальному часі, що підвищить їхню надійність, безпеку і сприятиме їхньому своєчасному догляду, технічному обслуговуванню та ремонту.

- 1.** Інструкція з обліку та оцінки стану меліорованих земель і меліоративних систем. ВНД 33-5.5-13-2002. Державний комітет України по водному господарству. Введений на заміну ВНД 33-5.5-05-98 «Облік та оцінка меліоративного стану зрошуваних і осушуваних угідь та технічного стану гідромеліоративних систем». К., 2002. 35 с.
- 2.** Методика оцінки технічного стану каналів меліоративних систем : посіб. до ДБН В.2-4-1-99 «Меліоративні системи та споруди» / УААН, ІГіМ. К. : ДП «Інформ.-аналіт. агентство», 2009. 44 с.
- 3.** Методика проведення натурних обстежень насосних станцій та гідротехнічних споруд на магістральних каналах меліоративних систем. Київ : Держводагетство України. 2013. 27 с.
- 4.** Сучасний стан та перспективи відновлення ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу / Крученюк В. Д. та ін. *Водне господарство України*. 2013. № 3. С. 34–37.
- 5.** Кузьмич Л. В. Сучасні тенденції створення приладових систем вимірювання механічних величин. *Вісник Інженерної Академії України*. Київ, 2016. № 2. С. 180–184.
- 6.** L. Kuzmych, O. Kobylanskyi, M. Duk. Current state of tools and methods of control of deformations and mechanical stresses of complex technical systems. *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*. 2018, 108085J (1 October 2018). doi: [10.1117/12.2501661](https://doi.org/10.1117/12.2501661)
- 7.** Optimized damage detection of steel plates from noisy impact test / G. Rus, S. Y. Lee, S. Y. Chang, S. C. Wooh. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 2006. Vol. 68, Issue 7. P. 707–727. doi: [10.1002/nme.1720](https://doi.org/10.1002/nme.1720).
- 8.** Дехтяр О. О., Брюзгіна Н. Д. Сучасний стан гідротехнічних споруд та відновлення їх функціональної здатності. *Сучасний стан та перспективи розвитку водного господарства* : Міжнародна науково-технічна конференція. Дніпропетровськ, 2016. С. 24–26.
- 9.** Коваленко О. В. Технологічні напрями підвищення експлуатаційної надійності та довговічності гідротехнічних споруд при їх ремонті та реконструкції. *Меліорація і водне господарство*. 2014. Вип. 101. С. 332–340.
- 10.** Кузьмич Л. В. Оптимізація роботи модуля приладової системи вимірювання напружено-деформованого стану складних технічних об'єктів та систем. *Механіка гіроскопічних систем*. 2019. № 37. С. 109–117. URL: <https://doi.org/10.20535/0203-3771372019171900> (дата звернення: 29.04.2020).
- 11.** Кузьмич Л. В., Квасніков В. П. Методи та засоби автоматичного контролю та вимірювання параметрів напружено-деформованого стану складних конструкцій. Київ : Інтерсервіс, 2019. 147 с. ISBN 978-617-696-830-6.
- 12.** Korobiichuk I., Kuzmych L., Kvasnikov V. The

system of the assessment of a residual resource of complex technical structures. *Mechatronics 2019 : Recent Advances Towards Industry 4.0*. P. 350–357. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-29993-4_ (дата звернення: 29.04.2020). **13.** I. Korobiichuk, V. Drevetsky, L. Kuzmych, I. Kovala. The Method of Multi-criteria Parametric Optimization. *AUTOMATION*. 2020, AISC 1140, PP. 87–97. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40971-5_9 (дата звернення: 29.04.2020).

REFERENCES:

- 1.** Instruktsiia z obliku ta otsinky stanu meliorovanykh zemel i melioratyvnykh system. VND 33-5.5-13-2002. Derzhavnyi komitet Ukrainy po vodnomu gospodarstvu. Vvedeni na zaminu VND 33-5.5-05-98 «Oblik ta otsinka melioratyvnoho stanu zroshuvanykh i osushuvanykh uhid ta tekhnichnoho stanu hidromelioratyvnykh system». K., 2002. 35 s.
- 2.** Metodyka otsinky tekhnichnoho stanu kanaliv melioratyvnykh system : posib. do DBN V.2-4-1-99 «Melioratyvni systemy ta sporudy» / UAAN, IHiM. K. : DP «Inform.-analit. ahentstvo», 2009. 44 s.
- 3.** Metodyka provedennia naturnykh obstezhen nasosnykh stantsii ta hidrotekhnichnykh sporud na mahistralnykh kanalakh melioratyvnykh system. Kyiv : Derzhvodahetstvo Ukrainy. 2013. 27 s.
- 4.** Suchasnyi stan ta perspektyvy vidnovlennia HTS vodohospodarsko-melioratyvnoho kompleksu / Krucheniuk V. D. ta in. *Vodne gospodarstvo Ukrainy*. 2013. № 3. S. 34–37.
- 5.** Kuzmych L. V. Suchasni tendentsii stvorennia pryladovykh system vymiriuvannia mekhanichnykh velychyn. *Visnyk Inzhenernoї Akademii Ukrainy*. Kyiv, 2016. № 2. S. 180–184.
- 6.** L. Kuzmych, O. Kobylanskyi, M. Duk. Current state of tools and methods of control of deformations and mechanical stresses of complex technical systems. *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*. 2018, 108085J (1 October 2018). doi: 10.1117/12.2501661.
- 7.** Optimized damage detection of steel plates from noisy impact test / G. Rus, S. Y. Lee, S. Y. Chang, S. C. Wooh. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 2006. Vol. 68, Issue 7. P. 707–727. doi: 10.1002/nme.1720.
- 8.** Dekhtiar O. O., Briuzghina N. D. Suchasnyi stan hidrotekhnichnykh sporud ta vidnovlennia yikh funktsionalnoi zdatnosti. *Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku vodnoho gospodarstva : Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia*. Dnipropetrovsk, 2016. S. 24–26.
- 9.** Kovalenko O. V. Tekhnolohichni napriamy pidvyshchennia ekspluatatsiinoї nadiinosti ta dovhovichnosti hidrotekhnichnykh sporud pry yikh remonti ta rekonstruktsii. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo*. 2014. Vyp. 101. S. 332–340.
- 10.** Kuzmych L. V. Optymizatsiia roboty modulia pryladovoi systemy vymiriuvannia napruzhenno-deformovanoho stanu skladnykh tekhnichnykh ob'ektiv ta system. *Mekhanika hiroskopichnykh system*. 2019. № 37. S. 109–

117. URL: <https://doi.org/10.20535/0203-3771372019171900> (data zvernennia: 29.04.2020). **11.** Kuzmych L. V., Kvasnikov V. P. Metody ta zasoby avtomatychnoho kontroliu ta vymiriuvannia parametriv napruzhenodeformovanoho stanu skladnykh konstruksii. Kyiv : Interservis, 2019. 147 s. ISBN 978-617-696-830-6. **12.** Korobiichuk I., Kuzmych L., Kvasnikov V. The system of the assessment of a residual resource of complex technical structures. *Mechatronics 2019 : Recent Advances Towards Industry 4.0.* P. 350–357. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-29993-4_ (data zvernennia: 29.04.2020). **13.** I. Korobiichuk, V. Drevetsky, L. Kuzmych, I. Kovala. The Method of Multi-criteria Parametric Optimization. *AUTOMATION.* 2020, AISC 1140, PP. 87–97. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40971-5_9 (data zvernennia: 29.04.2020).

Kuzmych L. V., Doctor of Engineering, Chief Researcher (Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Kyiv), **Voropai H. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Head of the Drainage Department** (Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Kyiv), **Kuzmych A. A., Graduate Student** (Jagiellonian University, Krakow), **Polishchuk V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Head of the Irrigation Department** (Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS, Kyiv), **Kuzmych S. A., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, kuzmych_vg17@nuwm.edu.ua)

CONCEPT OF CONSTRUCTION OF THE AUTOMATED SYSTEM OF REMOTE MONITORING AND CONTROL OF THE TECHNICAL STATE OF OBJECTS OF ENGINEERING INFRASTRUCTURE OF THE WATER-LAND RECLAMATION COMPLEX

In the article the concept of construction of the automated system of remote monitoring and control of a technical condition of objects of engineering infrastructure of reclamation systems is offered, the tasks connected with principles of construction, features of functioning and working capacity, and also a technical condition and reliability of objects of a water management and reclamation complex are considered.

The structural four-level schematic diagram of the automated system of remote monitoring and control of the technical condition of

the objects of engineering infrastructure of reclamation systems is given, which will ensure the fulfillment of the set requirements.

A modern automated system of remote monitoring and control of a technical condition of objects of engineering infrastructure of water management and reclamation complex must meet the following requirements:

- to provide automated interrogation of sensors, information collection, storage, transmission, processing and analysis in the information-diagnostic system;**
- to use the existing network of control and measuring equipment at the facilities of the engineering infrastructure of the water management and reclamation complex;**
- to provide automatic interrogation of sensors on the set time mode with a possibility of manual start of interrogation at adjustment and check of automated sensor survey system;**
- to carry out processing of the measuring information taking into account a noisy situation;**
- to form an information package of field observations with the storage of all information in the memory of the data collection server and in archives on independent media.**

The proposed concept of building an automated system for remote monitoring and control of the technical condition of engineering infrastructure of water management and reclamation complex allows to diagnose and control the actual technical condition of these objects in real time, which will increase their reliability, safety and facilitate their timely care and maintenance repair.

***Keywords:* automated system; engineering infrastructure; reclamation system; remote monitoring; control; technical condition; sensor.**

Кузьмич Л. В., д.т.н., главный научный сотрудник (Институт водных проблем и мелиорации НААН, Киев), **Воропай Г. В., к.т.н., заведующая отдела дренажа** (Институт водных проблем и мелиорации НААН, Киев), **Кузьмич А. А., магистрантка** (Ягеллонский университет, Краков), **Полищук В. В., к.с-х.н., заведующий отделом орошения** (Институт водных проблем и мелиорации НААН, Киев), **Кузьмич С. А., студент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Ровно, kuzmych_vg17@nuwm.edu.ua)

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДОХОЗЯЙСКО-МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА

В данной статье предложена концепция построения автоматизированной системы дистанционного мониторинга и контроля технического состояния объектов инженерной инфраструктуры гидромелиоративных систем; рассматриваются задачи, связанные с принципами построения, особенностями функционирования и работоспособности, а также технического состояния и надежности объектов водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

Приведена структурная четырехуровневая принципиальная схема автоматизированной системы дистанционного мониторинга и контроля технического состояния объектов инженерной инфраструктуры гидромелиоративных систем, которая обеспечивает выполнение поставленных к ней требований.

Ключевые слова: автоматизированная система; инженерная инфраструктура; гидромелиоративная система; дистанционный мониторинг; контроль; техническое состояние; датчик.
