

504.4;556.166(043)
1047

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ**

Клапоушак Оксана Ігорівна



УДК 004.9:556.16

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДОВКІЛЛЯ
ШЛЯХОМ МОНІТОРИНГУ РІВНЯ ПАВОДКОВИХ ВОД**

21.06.01 – Екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ІВАНО-ФРАНКІВСЬК – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національно-технічному університеті нафти і газу Міністерство освіти і науки України.



Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Заміховський Леонід Михайлович,
Івано-Франківський національно-технічний університет нафти і газу Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматика, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Петрук Василь Григорович,
Вінницький національний технічний університет Міністерства освіти і науки України, директор інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля, професор кафедри екології та екологічної безпеки, м. Вінниця;

доктор технічних наук, професор
Волошкіна Олена Семенівна,
Київський національний університет будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України, декан факультету інженерних систем та екології, завідувач кафедри охорони праці та навколишнього середовища, м. Київ.

Захист дисертації відбудеться 22 жовтня 2015 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.05 в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "18" вересня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 20.052.05,

д.геол.н.

В. Р. Хомин



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У середньому за рік на річках Прикарпаття проходять 2-3 паводки із виходом за межі заплави і повені, а раніше катастрофічні підвищення рівнів річок ставались раз на 11-16 років (1911 р., 1927 р., 1941 р., 1955 р., 1969 р., 1980 р.) на території України та за кордоном, а саме: Китай; Велика Британія; Іспанія; Франція; Італія; Чехія; Польща та Німеччина.

Недостатня і несвоєчасна прогнозованість про рівень розвитку повеней (водопілля), паводків і селевих потоків, а також відсутність сучасного, повноцінного та цілісного захисного комплексу призводять до щорічних збитків у аграрному, промисловому та соціальному секторах економіки, а також людських жертв (38 чол. у 2008 р., Україна). При цьому середньорічні збитки від затоплення територій у 1995-1998 роках склали 899,3 млн. грн., 1999-2007 роках – понад 1500 млн. грн., а у 2008 році – близько 6 млрд. грн., 2009 р. – 6 млрд. грн., середньорічний збиток від паводків у 2010 р. склав 170 млн. грн. (Web-Portal of Ukraine Government і РБК-Україна). Відповідно до даних Урядового порталу, сумарні збитки від паводків у Карпатському регіоні (Закарпатська обл.) за останні 20 років становлять майже 5 млрд. грн.

Підвищення рівня річок у період паводків призводить до негативного впливу на довкілля, а саме: розмиву сховищ для зберігання хімічних речовин, контейнерів для зберігання нафтопродуктів на АЗС, забруднення колодязів питної води, змиву родючого ґрунтового шару та створення небезпечних умов для розвитку епідеміологічної ситуації (ракові захворювання, висипи, отруєння). Паводки впливають на постачання продовольства, стан житла, захоплюють земельні угіддя, що спричиняє ерозію ґрунтів, знищення сільськогосподарських угідь та посівних площ, спричиняють неполадки у іригаційних та водопостачальних системах.

Вагомий внесок у вирішення проблеми контролю і прогнозування рівня паводкових вод, з метою забезпечення екологічної безпеки довкілля, зробили у своїх наукових працях українські вчені Волошкіна О. В.; Заміховський Л. М.; Лук'янець О. І.; Петрук В. Г.; Приймаченко Н. В.; Семчук Я. М.; Скакун С. В.; Сусідко М. М.; Ошуркевич О. Є. і ін., а також зарубіжні вчені Сологаєв В. І., Варшанина Т. П., Роголев В. А., Дикарев В. И., Заренков В. А. (Росія); Moss Ian, Tremblay Robert (Canada); Sadamichi Shigemi (Japan); Ran Qihua, Wang Zhenyu, He Zhiguo; Hu Yizhi (China); Victor Fernandes Cavalcante, Bruno Da Costa Flach, Maira Athanzio de Cerqueira Gatti, Ricardo Guimaraes Herrmann, Kiran Mantripragada, Marco Aurelio Stelmar Netto, Lucas Correia Villa Real, Paula Aida Sesini, Cleidson Ronald Botelho De Souza; Bianca Zadrozny (USA); Ward R. C. (UK).

Щодо існуючих автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем (АІВС), то контроль за рівнем води річок у період паводкових вод здійснюється системою "ТИСА", "Прикарпаття", комп'ютерною системою з автономними давачами, системою "АКСОН", акустичною системою контролю рівня води річок, інтелектуальною системою прийняття рішень при прогнозуванні повеней та комплексною системою загальнонаціонального протиповеневого моніторингу (вказані системи розроблені в Україні), а також автоматизованою системою управління повенями (Нігерія), Flood Observatory System, the National Center for Atmospheric Research Front Range Flash Flood Prediction System (Малазія). Не

дивлячись на ряд існуючих систем контролю і прогнозування рівня паводкових вод, вони не знайшли широкого практичного застосування через низьку ефективність, значну вартість та не врахування водно-фізичних властивостей ґрунтів.

Тому актуальною є задача контролю та прогнозування рівня паводкових вод з метою попередження або зменшення можливих збитків у аграрному, промисловому та соціальних секторах економіки від їх негативних наслідків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основний зміст роботи складають результати наукових розробок та експериментальних досліджень, які проводились у 2011-2015 рр. на кафедрі комп'ютерних технологій в системах управління та автоматизації Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Автор приймав участь у виконанні держбюджетної тематики “Методологічні засади побудови систем управління, діагностування та енергозберігаючих систем частотного управління електроприводом для об'єктів нафтогазового комплексу”, розділом якої є розробка системи моніторингу стану довкілля (державний реєстраційний №0112U006554).

Метою роботи є забезпечення екологічної безпеки шляхом контролю і прогнозування рівня паводкових вод методами математичного моделювання та розробленням комп'ютеризованої інформаційної системи.

Завдання досліджень:

- проаналізувати вплив паводкових вод на екологічну безпеку довкілля;
- проаналізувати сучасний стан моделей і методів прогнозування рівня паводкових вод, а також технічних засобів їх контролю;
- розробити теоретичні передумови методу прогнозування рівня паводкових вод;
- розробити математичну модель прогнозування рівня паводкових вод;
- розробити технічні та програмні засоби для контролю за підняттям рівня води річок у період паводків;
- провести апробацію методики прогнозування рівня паводкових вод та розробленої системи для контролю їх рівня.

Об'єкт досліджень: вплив паводкових вод на екологічну безпеку довкілля.

Предмет досліджень: методи і засоби контролю та прогнозування рівня паводкових вод.

Методи дослідження. Дослідження проведено із застосуванням методів математичного аналізу (для виявлення вагомих факторів впливу на рівень підняття паводкових вод), апроксимаційних методів (для прогнозування рівня паводкових вод), методів імітаційного моделювання та математичної статистики (для перевірки адекватності моделі та точності прогнозування), методів теорії диференціальних рівнянь (для виведення рівнянь розвитку паводку), а також методів схеми системотехніки та залученням програмних продуктів фірми Siemens Step-7 та WinCC v7.0 SP1 (для розробки системи контролю рівня паводкових вод “Flood_2015”).

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше розроблено метод прогнозування рівня паводкових вод, що у порівнянні з існуючими надає інформацію про критичні значення рівня паводкових вод та їх тривалість, кількість атмосферних опадів та вологості ґрунтів досліджуваного басейну річки;

– вперше розроблено математичну модель прогнозування рівня паводкових вод, на основі побудови кривої прогнозу зміни рівня води річок у період паводків у часі із визначеним допустимим рівнем води річок у точці прогнозу, що, у порівнянні з відомими моделями, дозволяє визначити момент часу, з якого починається формування рівня паводкових вод та їх тривалість;

– дістав подальший розвиток метод асоціативного аналізу для виявлення вагомих природних факторів впливу на підняття рівня паводкових вод, що дозволило підвищити точність прогнозування паводків і забезпечити екологічну безпеку довкілля;

– вперше розроблено архітектуру системи контролю рівня паводкових вод (її нижній рівень), яка, в порівнянні з відомими, дозволяє отримувати у режимі реального часу величини кількості атмосферних опадів, вологості ґрунтів та рівня води річок, а також порівнювати останні, з їх середніми та критичними значеннями у період паводків.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблено метод прогнозування рівня паводкових вод та програмне забезпечення для його реалізації, що дозволяє отримати оперативні дані про зміну рівня паводкових вод у заданий момент часу;

– розроблені верхній та нижній рівні системи контролю рівня паводкових вод “Flood_2015”. Нижній рівень системи контролю рівня паводкових вод дозволяє нормувати аналогові сигнали з датчиків (рівня води, кількості атмосферних опадів та вологості ґрунтів) для подальшого їх аналізу. Верхній рівень системи – це людиномашинний інтерфейс SCADA WinCC, який відображає стан контрольованих величин (графічне подання, архівування та вивід аварійних повідомлень).

Апробація розроблених технічних засобів контролю рівня води проведена в умовах Долинського виробничого управління водоканалізаційного господарства. Результати дисертаційної роботи використовуються у навчальних курсах дисциплін “Основи наукових досліджень та технічної творчості” і “Формалізація та моделювання систем” на кафедрі комп’ютерних технологій в системах управління та автоматички Івано-Франківського національно-технічного університету нафти і газу.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно [2, 3, 12, 16, 27, 28]. У роботах, опублікованих у співавторстві: досліджено існуючі АІВС, пристрої, методи та моделі прогнозування і контролю рівня паводкових вод [11]; розроблено прогностичну схему підняття рівня паводкових вод [1]; проведено математичне моделювання фільтраційних процесів у задачах оцінки рівня та якості ґрунтових вод [6, 13, 17, 18, 19, 21]; здійснено прогнозування кількості атмосферних опадів [22, 23, 24]; розроблена методика дослідження максимальних витрат води у період повеней чи паводків та поверхневого стоку [14, 15]; розроблені структурні схеми та інформаційно-вимірювальна система для моніторингу паводкових вод [8, 10, 25, 31]; досліджено вплив паводкових вод на повітряні переходи магістральних газопроводів [20]; розроблена методика виявлення впливу вагомих факторів на рівень паводкових вод та побудовані апроксимуючі криві їх прогнозу [4, 5, 7, 9, 26]; проведено дослідження адекватності моделі прогнозування рівня паводкових вод та точності прогнозу [29, 30].

Апробація результатів досліджень. Результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на: VI Міжнародній науково-технічній конференції і виставці “Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання” (м. Івано-Франківськ, Україна, 2011 р.); VI Всеукраїнській науково-практичній конференції “Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці” (м. Луганськ, Україна, 2012 р.); XI Міжнародній конференція “Контроль управління в складних системах (КУСС-2012)” (м. Вінниця, Україна, 2012 р.); VII Національній науково-технічній конференції “Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2012” (м. Київ, Україна, 2012 р.); VIII International research and practice conference “Scientific and technical progress of the XXI century” (м. Донецьк, Україна, 2012 р.); XVI International Conference "Dynamical System Modeling and Stability Investigations" (DSMSI-2013) (м. Київ, Україна, 2013 р.); VII Всеукраїнській науково-практичній заочній конференції “Наука України: перспективи і потенціал” (м. Одеса, Україна, 2013 р.); Всеукраїнській науковій конференції “Математичне моделювання та математична фізика” (м. Кременчук, Україна, 2013 р.); IX Міжнародній-науково практичній конференції “Розвиток наукових досліджень"2013” (м. Полтава, Україна, 2013 р.); X Mezinárodní Vě Decko – Praktická Konference “Moderní Vymoženosti Vědy – 2014” (t. Praha, the Czech Republic, 2014 р.); X Международной молодежной научно-технической конференции “Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2014” (г. Севастополь, Украина, 2014 р.); XXIV Всеукраїнській науковій конференції аспірантів та студентів “Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів” (м. Донецьк, Україна, 2014 р.); конференції “Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития‘2014” (г. Иваново, Россия, 01-12 октября 2014 г.); конференції “Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте‘2014” (г. Иваново, Россия, 16-26 декабря 2014 р.); 7 Міжнародній науково-технічній конференції і виставці “Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання” (м. Івано-Франківськ, Україна, 2014 р.) та нашли відображення в каталозі перспективних винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій Галицьких кмітливців (м. Івано-Франківськ, Україна, 2013 р.).

Публікації. За результатами досліджень, які викладені в дисертації, опубліковано 31 роботу, з яких 6 (3 – одноосібні) – у виданнях, включених до фахових видань України; 8 – у закордонних журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus, IndexCopernicus, American Chemical Society, РИНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, CiteFactor; 17 публікацій у збірниках матеріалів (доповідей) всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Об’єм дисертації – 161 сторінка, у т.ч. 5 додатків на 20 сторінках. Дисертація містить 48 рисунків, 14 таблиць та 143 посилання на літературні джерела викладені на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкривається стан наукової проблеми та актуальність теми дисертаційної роботи, формулюються мета, завдання, предмет та об'єкт дослідження, наводиться наукова новизна, особистий внесок здобувача та практичне значення одержаних результатів, а також наводяться відомості щодо теоретичного і практичного значення та апробації результатів дисертації і публікацій автора.

У першому розділі розкрито основні причини та умови інтенсифікації паводкових вод, наведено хронологічну статистику їх виникнення. Здійснено аналіз існуючих моделей, методів прогнозування рівня паводкових вод і АІВС контролю їх рівня. Виявлені їх недоліки, а також проаналізовані існуючі методи математичного моделювання стосовно використання їх для контролю і прогнозування рівня паводкових процесів. На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми сформульовано мету і завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі проведено дослідження процесу підняття рівня води річок у період паводків, у результаті яких розроблено прогностичні схеми, що містять як природні фактори, так і антропогенні чинники, що призводять до їх виникнення.

Запропоновано математичний апарат апроксимації кривих на основі статистичних даних про зміну рівня паводкових вод у часі, що дозволяє проводити опис процесу зміни їх рівня та використовувати для прогнозування метеорологічні фактори впливу.

Процес побудови апроксимаційних кривих полягає в наступному: на основі статистичних даних про декілька паводків, для кожного з них вибирають N вимірювань рівня (y_i, t_i) , $i = 1, \dots, N$, де y_i – рівень паводкових вод у момент часу t_i , та визначають характерні параметри \tilde{k} та \tilde{b} (коефіцієнти лінійної регресії) для побудови кривої прогнозу зміни рівня паводкових вод за формулами (1-2):

$$\begin{cases} \tilde{y} = y \\ \tilde{t} = y_{1,2} \cdot (t - t_0)^2 \\ \tilde{k} = -b_{1,2} \\ \tilde{b} = c_{1,2} \end{cases}, \quad (1)$$

$$b_{1,2} = -\tilde{k} = \frac{N \sum \tilde{y}_i \tilde{t}_i - \sum \tilde{y}_i \sum \tilde{t}_i}{N \sum \tilde{t}_i^2 - (\sum \tilde{t}_i)^2}, \quad (2)$$

$$c_{1,2} = \frac{1}{N} (\sum y_i - \tilde{k} \sum \tilde{t}_i)$$

де $y_{1,2}$ – відповідає піку рівням паводкових вод (y_1) та після цього пікового моменту (y_2); \tilde{y}, \tilde{t} – параметри апроксимуючої кривої; t_0 – час, при якому, зафіксований максимальний рівень паводкових вод, а змінна t – час.

Далі здійснюється побудова апроксимуючих кривих зміни рівня паводкових вод у часі для кожного з паводків за формулою 3:

$$\begin{cases} y_1 = \frac{c_1}{b_1 \cdot (t - t_0)^2 + 1} \\ y_2 = \frac{c_2}{b_2 \cdot (t - t_0)^2 + 1} \end{cases} \quad (3)$$

Отримані результати і запропонований метод побудови апроксимуючих кривих дозволить спрогнозувати формування паводкових вод, проконтролювати рівень їх зміни і встановити, при яких метеорологічних характеристиках відбувається процес їх формування, а також визначати можливу тривалість паводкових вод у певній місцевості.

У третьому розділі викладено метод збору та обробки статистичних даних про паводкові води. Для здійснення збору необхідних вихідних величин та подальшої їх обробки з метою прогнозування і контролю рівня паводкових вод необхідно провести аналіз статистичних даних про метеорологічні фактори (кількість атмосферних опадів), водно-фізичні властивості ґрунтів (вологоємність), геофізичні характеристики басейнів та водозборів річок і рівень води річок під час природних катаклізмів (паводків чи повеней).

Для прогнозування виникнення паводків чи повеней необхідно здійснювати контроль за даними метеорологічних факторів та рівнем води річок протягом кожної години. Щодо водно-фізичних властивостей ґрунтів та геофізичних характеристик басейнів та водозборів, то їх показники можна вважати сталими відносно прив'язки до певної місцевості, проте їх зміни можуть бути викликані людськими чинниками (агротехнічні та меліоративні заходи).

Метод обробки статистичних даних полягає у тому, що на основі даних гідрометеорологічної мережі з метеорологічних станцій під час паводку та рівнем води річок, який спостерігався раніше, складається прогноз на можливість формування паводку в майбутньому.

Алгоритм обробки статистичних даних згідно розробленого методу полягає у:

- підрахунку математичного очікування для статистичних даних;
- встановленні факту існування взаємозв'язку між факторами впливу і рівнем води у річках на основі асоціативного аналізу;
- аналізі отриманого значення коефіцієнта контингенції та побудові апроксимуючої кривої.

За наведеним алгоритмом здійснено розрахунок коефіцієнтів контингенції для кожного з двох параметрів впливу з метою визначення їх взаємозв'язку, наприклад залежність рівня води p . Прут з метеорологічних станцій (м. Яремче, м. Чернівці та м. Коломия) від інтенсивності опадів, дефіциту вологості повітря та швидкості вітру, а також вплив одних метеорологічних даних на інші.

Аналізуючи отримані розрахункові значення коефіцієнтів контингенції, можна зробити наступні висновки:

- отримані розрахункові значення коефіцієнтів контингенції (рівень води – кількість опадів) для p . Прут у м. Яремче задовольняють умову $\psi > 0,3$, що дає підстави вважати, що кількість атмосферних опадів впливають на підняття рівня води річок у період паводків чи повеней (водопілля);

– підтвердженням взаємозв'язку кількість опадів – дефіцит вологості повітря – 0,3162 (м. Яремче) є те, що утворення атмосферних опадів відбувається при зниженні температури або з високою абсолютною вологістю повітря, що є складовою дефіциту вологості.

Щодо взаємозв'язку швидкість вітру – дефіцит вологості повітря – 0,375 (м. Чернівці), то вологість повітря змінюється у просторі й часі у зв'язку із зміною температури повітря, стану поверхні та переносу вологи.

Розрахункові значення коефіцієнтів кореляції Пірсона та Спірмена також підтвердили взаємозв'язок рівень води – кількість опадів (місто Яремче), який був отриманий при розрахунку коефіцієнтів контингенції.

При аналізі апроксимуючих кривих рівня води річок враховувалось, що середня глибина р. Тиса становить 1,5 м, р. Дністер – 1,5 м, р. Прут – 1 м та р. Латориця – до 2 м.

Здійснено побудову апроксимуючих кривих на основі вихідних даних про рівні води р. Дністер у м. Галичі (07.05-11.05.2015 р.), р. Тиса, басейн Угорщини, пост Захонь у період 12.03-16.03.2013 р. та р. Тиса у м. Тячів (04.04-05.04.2013 р.) (рис. 1-3).

Позначення на рис. 1-5.

- Y_{\max} – максимальне значення паводкових вод;
- Y_p – передпаводковий рівень;
- Δy – спад рівня води річок у період паводків;
- $t_{p.p.}$ – час формування паводкових вод (початковий час);
- $t_{k.p.}$ – час, що інформує про спад рівня паводкових вод (кінцевий час).

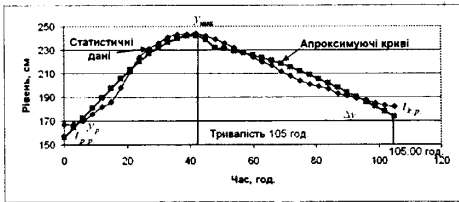


Рис. 1. Апроксимуючі криві для р. Дністер у м. Галичі (07.05-11.05.2015 р.)

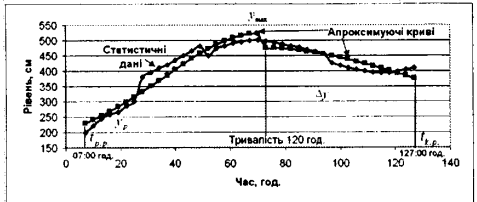


Рис. 2. Апроксимуючі криві для р. Тиса на пості Захонь (12.03-16.03.2013 р.)

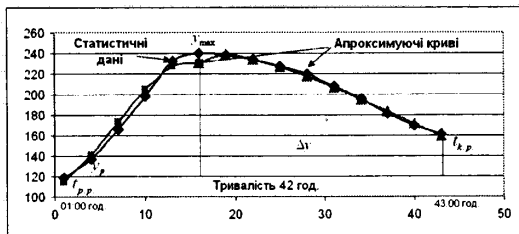


Рис. 3. Апроксимуючі криві для р. Тиса у м. Тячів (04.04-05.04.2013 р.)

На основі аналізу кривої прогнозу (рис. 1) зміни рівня паводкових вод у часі для р. Дністер у м. Галичі (07.05-11.05.2015 р.) можна зробити наступні висновки: формування паводкових вод відбулось в 24:00 год. ($t_{p.p.}$) при цьому рівень річки становив (y_p) 167 см. Підняття рівня р. Дністер відбулось на 77 см (y_{max}), а спад рівня води річки через 42 год. становив 72 см. Загальна тривалість підняття рівня води р. Дністер у період паводків становила 105 год. ($t_{k.p.}$). Кількість атмосферних опадів у період паводкових вод становила 30 мм (при відсутності даних через 3 год.).

Відповідно до рис. 2 отримано наступні дані про паводкові води:

- $y_p = 198$ см в 07:00 год. (11.03.2013 р.);
- $y_{max} = 502$ см;
- підняття рівня води р. Тиса – 304 см;
- $\Delta y = 92$ см;
- підйом паводкових вод становив 63 год., спад становив – 57 год.

Тривалість паводкових вод на р. Тиса становила 120 год.

На рис. 3 представлена крива прогнозу зміни рівня води річок у часі для р. Тиса у м. Тячів з 04.04.2013 р. до 05.04.2013 р. Аналіз отриманих результатів показав: передпаводковий рівень станом на 01:00 год. 04.04.2013 р. становив 119 см і досяг максимуму 240 см. Підйом рівня води становив 121 см, тривалість паводкових вод – 42 год. Кількість атмосферних опадів становила 28 мм (при відсутності даних через 3 год.).

Побудова апроксимуючих кривих для р. Латориця у м. Мукачеве на основі вихідних даних про рівні води у період з 22.05.2013 р. по 24.05.2013 р. та 12.05.2014-14.05.2014 приведена на рис. 4,5. Отримані результати дозволяють зробити висновки проте, що кожну годину підйом рівня води р. Латориця відбувався на 4,33 см, а тривалість паводкових вод становить 36-42 год.

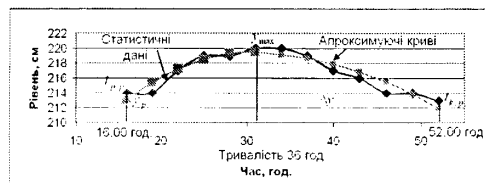


Рис. 4. Апроксимуючі криві для р. Латориця у м. Мукачеве (22.05-24.05.2013 р.)

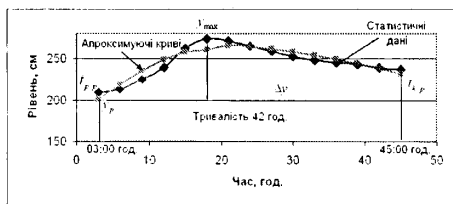


Рис. 5. Апроксимуючі криві для р. Латориця у м. Мукачеве (12.05-14.05.2014 р.)

Розраховані показники для дослідження адекватності (коефіцієнт кореляції) запропонованої математичної моделі є наступними:

- р. Дністер у м. Галичі (07.05-11.05.2015 р.) – 0,945;
- р. Дністер на пості Захонь (11.03-16.03.2013 р.) – 0,959;
- р. Тиса у м. Тячів (04.04-05.04.2013 р.) – 0,998;

– р. Латориця у м. Мукачеве (у періоди 22.05-24.05.2013 р. та 12.05-14.05.2014 р.) – 0,94.

Високі коефіцієнти кореляції (0,94–0,998) вказують на адекватність математичної моделі експериментальним даним.

Оцінка точності прогнозування на основі математичної моделі може бути проведена з використанням критерію регулярності $\Delta^2(S)$ (4), який полягає в мінімізації середньоквадратичної помилки на точках контрольної послідовності:

$$\Delta^2(S) = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^N Y_i^2}, \quad (4)$$

де Y_i – реальні експериментальні (статистичні) дані; y_i – значення на виході моделі.

Значення критерію $\Delta^2(S) \leq 0,5$ вказує на високу якість прогнозу, при $\Delta^2(S) \leq 0,8$ прогноз задовільний, при $\Delta^2(S) > 1$ – модель не точна (значне відхилення від реального процесу).

Розрахунок точності прогнозування з використанням критерію регулярності (9) є наступними:

- р. Дністер у м. Галичі (07.05-11.05.2015 р.) – $6,5 \cdot 10^{-4}$;
- р. Тиса на пості Захонь (11.03-16.03.2013 р.) – 0,003;
- р. Тиса у м. Тячів (04.04-05.04.2013 р.) – $4,55 \cdot 10^{-4}$.
- р. Латориця у м. Мукачеве (у періоди 22.05-24.05.2013 р. та 12.05-14.05.2014 р.) – $1,46 \cdot 10^{-5}$ та $7,3 \cdot 10^{-4}$.

Отримані значення для розрахунку точності прогнозування з використанням критерію регулярності є високими, оскільки задовольняють умову $\Delta^2(S) \leq 0,5$.

Похибки апроксимації для річок Тиса (м. Тячів та пост Захонь) та Дністер (м. Галич) становлять відповідно 1,78 %, 4,54 % та 2,1 %; р. Латориця (Мукачеве, у період 22.05-24.05.2013 р.) – 0,32 % та р. Латориця (Мукачеве, у період 12.05-14.05.2014 р.) – 2,14 %.

Згідно отриманих значень похибки апроксимації не перевищують 3 % при кількості досліджуваних точок (рівнів паводкових вод) у діапазоні від 10 до 15.

У четвертому розділі розроблено структурну схему системи контролю рівня паводкових вод на базі сучасних апаратних засобів (рис. 6), та програмних продуктів концерну Siemens – Step 7 (нижній рівень системи, рис. 7) та WINCC (верхній рівень системи, рис. 8-9).

Програмні продукти мають ряд переваг:

- доступність системи;
- підтримка різних промислових інтерфейсів зв'язку;
- зручність у користуванні;
- універсальність;
- можливість розробки графічних моделей;
- можливість архівування даних.

Апаратні засоби системи складають: Sitrans XPS10 – ультразвуковий давач рівня; MultiRanqer 100 – (первинний перетворювач); ARG 100 – опадомір; MTR-732 –

давач для вимірювання вологості ґрунтів; GSM – глобальна система мобільного зв'язку (Global System for Mobile Communications); Ethernet – базова технологія локальних обчислювальних (комп'ютерних) мереж з комутацією пакетів; контролер S7-300 фірми Siemens та SCADA – система диспетчеризації, управління та збору даних (Supervisory Control And Data Acquisition).

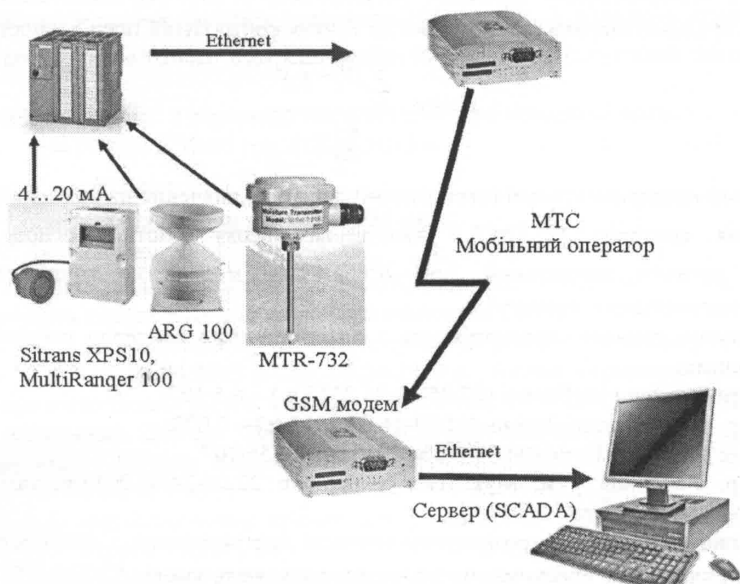


Рис. 6. Структурна схема системи контролю рівня паводкових вод

Вибір апаратних засобів обґрунтований наступними характеристиками:

- можливістю моніторингу рівня паводкових вод, кількості атмосферних опадів та вологості ґрунтів у реальному часі, а також архівування отриманих даних;
- діапазоном температури навколишнього середовища від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$;
- точністю вимірювання: рівень паводкових вод: $\pm 0,25\%$, вимірювання вологості $\pm 2\%$ та кількість атмосферних опадів $\pm 0,2\text{ мм}$.

Програма в STEP 7 створюється на мові програмування LAD. Структура програми складається з чотирьох функцій FC1, FC2, FC3 та FC4 (рис. 7), а саме: FC1 – функція нормування аналогових сигналів; FC2 – функція порівняння поточних значень з заданими значеннями рівня (середнім та критичним); FC3 – функція порівняння поточних значень з заданими значеннями опадів (критичними) та FC4 – функція порівняння поточних значень з заданими критичними значеннями вологості ґрунтів.

Розроблені функції FC1, FC2, FC3 та FC4 використовуватимуться для розробки проекту людино-машинного інтерфейсу в SCADA WINCC.

SCADA складається з головного вікна та трьох точок (при необхідності кількість точок контролю може бути збільшена) моніторингу (рис. 8).

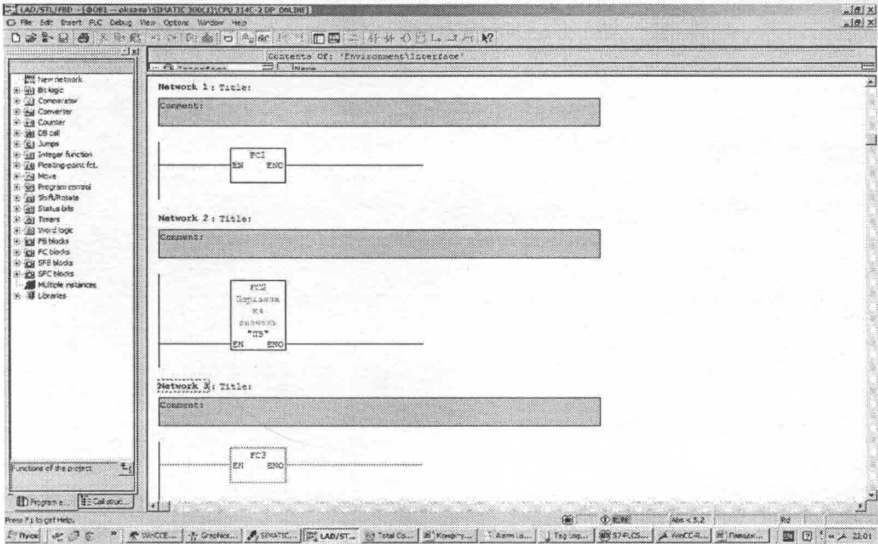


Рис. 7. Структура програми

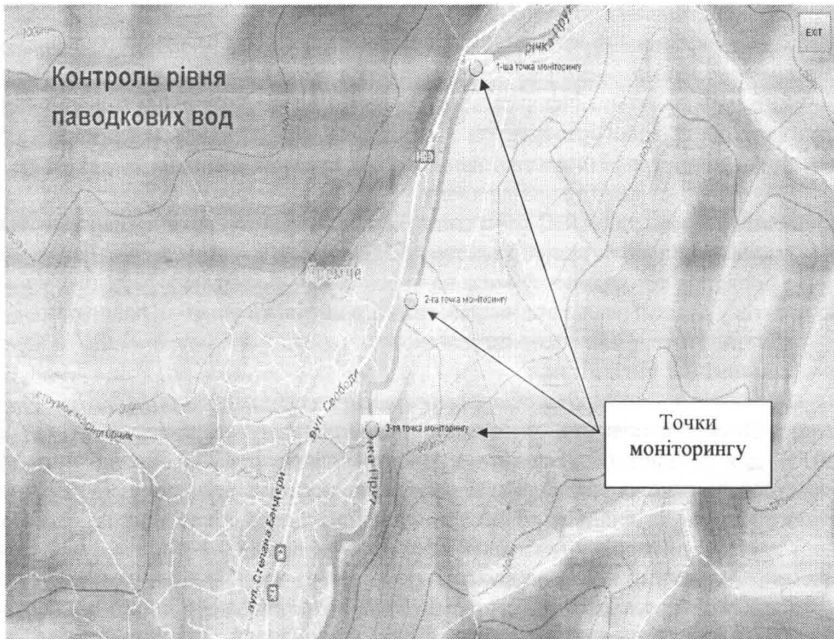


Рис. 8. Головне вікно системи моніторингу

На рис. 9 представлено інтерфейс точок моніторингу.

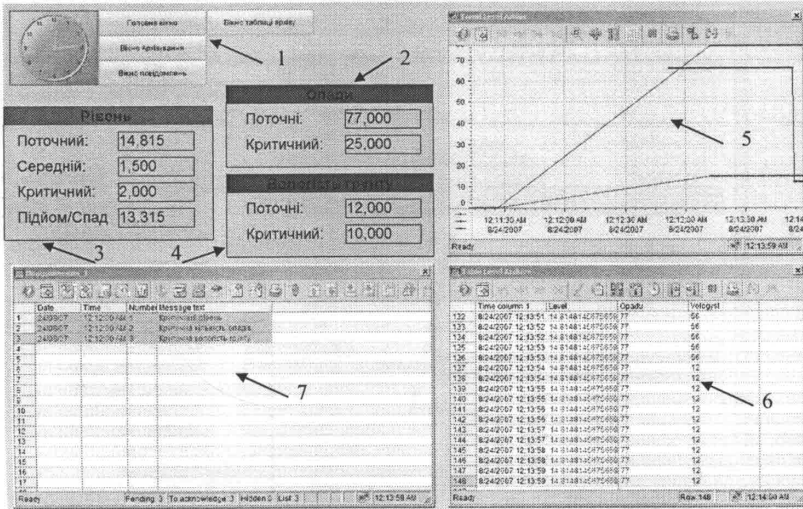



Рис. 9. Інтерфейс точок моніторингу

На рис. 9 наведено наступні позначення:

- 1 – функціональні кнопки для відображення вікон архівування та повідомлень;
- 2, 3, 4 – загальна інформація про стан рівня паводкових вод, кількості атмосферних опадів та вологості ґрунтів;
- 5, 6 – вікна графічного та числового архівування даних;
- 7 – вікно для виводу повідомлень.

Перевагами розробленої АІВС контролю "Flood_2015" у порівнянні з існуючими є:

- малогабаритність та мобільність АІВС;
- здійснення контролю за рівнем води річок, кількістю атмосферних опадів та вологістю ґрунтів у режимі реального часу постійно, а не тільки у період паводків;
- зручний інтерфейс у користуванні;
- економічна вигідність;
- переваги апаратних засобів та програмного забезпечення.

На рис. 10 показана карта, де запропоноване розташування гідропостів АІВС "Flood_2015" для р. Тиса (м. Тячів та м. Рахів). Згідно рис. 10, позначенню  відповідає геодезичний пункт, у даному випадку, це гідропости, а чорні прямокутники – це територіальне розміщення досліджуваної області.

Вибір точок моніторингу (автоматизованих гідропостів) за рівнем паводкових вод та метеорологічними даними (вологістю ґрунтів та кількістю атмосферних опадів) зумовлений прилеглими ділянками до річок, які найбільше піддаються впливу паводковим водам, а також їх розташування у місцях, де річка розділяється на два або більше окремих потоки (рукави).

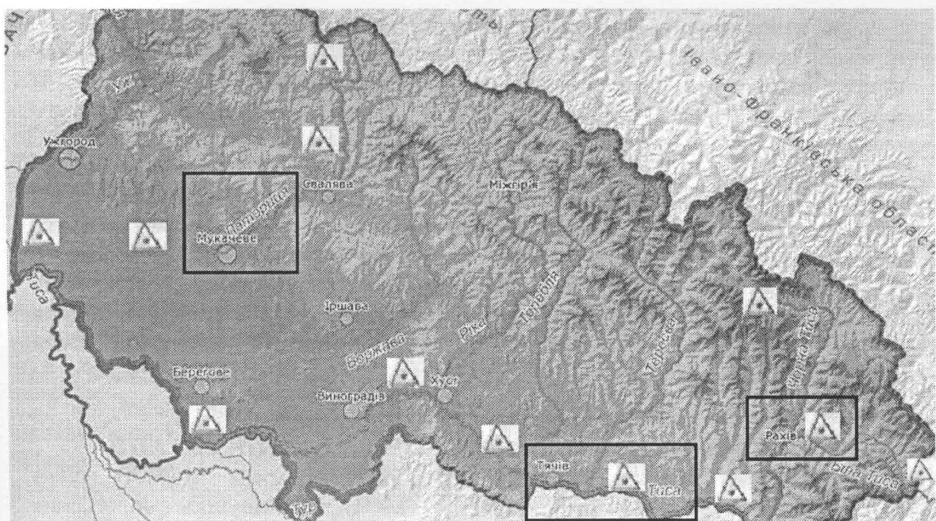


Рис. 10. Розміщення гідропостів на р. Тиса (м. Тячів, м. Мукачеве, м. Рахів)

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-технічну задачу забезпечення екологічної безпеки довкілля шляхом створення математичного апарату для прогнозування рівня паводкових вод та розроблення технічних засобів оперативного контролю рівня річок при паводках.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Проаналізовано вплив паводкових вод на екологічну безпеку довкілля. На основі проведеного аналізу існуючих методів і моделей прогнозування рівня паводкових вод, відомих апаратних засобів та АІВС їх контролю встановлено, що їх використання не забезпечує оперативного прогнозування паводкових вод, а системи моніторингу не здійснюють контроль за зволоженістю водозбору, чим не забезпечується ефективна екологічна безпека довкілля.

2. З використанням апроксимуючих кривих для прогнозування рівня паводкових вод та асоціативного аналізу, вперше розроблено математичну модель прогнозування рівня паводкових вод, обґрунтовано вибір вагомих факторів впливу на підняття їх рівня та запропоновано рівняння для опису процесу розвитку паводкових вод.

3. Вперше з використанням сучасних апаратно-програмних засобів провідних фірм світу (Siemens, 7Volt і ін.) та новітнього програмного продукту Step-7, розроблено нижній рівень системи контролю рівня води річок у період паводків, який включає у себе функції порівняння поточних значень з заданими значеннями рівня (середнім та критичним) та порівняння поточних значень з заданими значеннями опадів та вологістю ґрунту (критичними), що дозволяє проводити оперативне прогнозування рівня паводкових вод.

4. Розроблено проект людино-машинного інтерфейсу в SCADA WINCC (верхній рівень), що дозволяє контролювати і передавати через визначені проміжки часу інформацію про зміну рівня води річок, а у період паводкових вод передавати цю інформацію у реальному режимі часу, а також контролювати кількість атмосферних опадів та вологість ґрунтів, що дозволяє підвищити точність прогнозу.

5. Проведена апробація методики прогнозування рівня паводкових вод за офіційними метеорологічними даними Українського гідрометеорологічного центру про рівень води річок Тиси, Дністра, Латориці та Прута у період паводків, яка підтвердила адекватність розрахункових даних та ефективність розробленої методики, а технічні засоби контролю рівня води були апробовані в Долинському управлінні водоканалізаційного господарства при контролі рівня питної води в резервуарах “Телевишка” та “Гошів” і за результатами апробації були рекомендовані до впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Заміховський Л. М. Розробка прогностичних схем підняття рівня паводкових вод / Л. М. Заміховський, **О. І. Клапоушак** // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2012. – Ч.2, № 8(179). – С. 40-44. ISSN: 1998-7927

2. **Клапоушак О. І.** Методика побудови апроксимуючих кривих для оцінки і прогнозування рівня паводкових вод / **О. І. Клапоушак** // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – Харьков: Технологический центр, 2014. – № 2/4 (68) – С. 50-54. ISSN: 1729-3774 (Входить до міжнародних наукометричних баз IndexCopernicus, American Chemical Society, РИНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, CiteFactor)

3. **Клапоушак О. І.** Встановлення тісноти взаємозв'язку між даними метеорологічних станцій та даними рівня води річки Прут / **О. І. Клапоушак** // Людина та довкілля. Проблеми неоекології – Харків: Науковий журнал Харківського національного Університету імені В. Н. Каразіна, 2014. – № 1-2 – С. 30-35. ISSN: 1992-4224

4. **Клапоушак О. І.** Математичне моделювання процесу розвитку паводків / **О. І. Клапоушак**, А. П. Олійник // Вісник Вінницького політехнічного інституту – Вінниця: ВНТУ, 2014. – № 6 (117) – С. 52-56. ISSN: 1997-9266 (Входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ)

5. Олійник А. П. До математичного прогнозування рівня паводкових вод / А. П. Олійник, **О. І. Клапоушак** // Прикарпатський вісник НТШ серія "Число"– Івано-Франківськ: Івано-Франківський осередок наукового товариства ім. Шевченка, 2014. – № 1 (28) – С. 246-253.

6. Олійник А. П. Математичне моделювання процесу фільтрації в задачах оцінки рівня паводкових та ґрунтових вод [Текст]: монографія / А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, **О. І. Клапоушак** // Задачі термодифузії та методи їх розв'язку // під ред. д.т.н. В. П. Ляшенка – Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2012. – ст. 62-70. – ISBN 978-617-641-014-0

7. Zamikhovskii L. M., Oliinyk A. P., **Klapoushchak O. I.**, Shtaiyer L. O. The

flood process mathematical modelling an their prediction methods based on static data // *Life Science Journal*. – 2014. – №11(8s). – Pp. 473-477. ISSN: 1097-8135 (Print) / ISSN: 2372-613X (Входить до міжнародної наукометричної бази Scopus)

8. **Клароушчак, О. І.**, Zamikhovska O. L. and A.Y. Beley, 2014. Development of a monitoring system for flood waters. European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. 1st International scientific conference (issue February 17, 2014), «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, Vienna, pp: 64-66. ISBN 13 978-3-902986-78-8 (Входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ)

9. **Клароушчак О. І.**, Zamikhovska O. L. The calculation contingency of factor for predication level of floodwater // *Science and Education: Materials of the international research and practice conference Vol. I.* – Munich, Germany: Publishing office Vela Verlag Waldkraiburg, February 27th-28th, 2014. – pp. 236-238. ISBN 978-3941352-86-5

10. **Заміховський, Л. М., О. І. Клапоушак**, 2015. Разработка нижнего уровня системы контроля уровня паводковых вод в программной среде STEP 7. *Modern Science – Moderní Vědy.* – Praha. – České Republika. – 2015. – №1, pp: 194-200. ISSN 2336-498X (Входить до наукометричного переліку наукових видань Східноєвропейського центру фундаментальних досліджень EECFR (Сертифікат № 57/2013))

11. **Заміховський Л. М.** Аналіз методів і систем контролю та прогнозування рівня паводкових вод / **Л. М. Заміховський, О. І. Клапоушак** // *Нафтогазова енергетика : Всеукраїнський науково-технічний журнал.* – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ. – 2011. – Вип. 2(15) – С. 99-105. ISSN 1993-9868

12. **Клапоушак О. І.** Аналіз існуючих автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем контролю паводкових вод / **О. І. Клапоушак** // *Наукові вісті Галицької академії.* – Вип. 2(22). – Івано-Франківськ, 2012, С. 36-44. ISSN 2225-9716

13. **Олійник А. П.** Математичне моделювання фільтраційних процесів в задачах оцінки рівня та якості ґрунтових вод / **А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, О. І. Клапоушак** // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий* – Харьков: Технологический центр, 2013. – № 1/4 (61) – С. 15-18. ISSN 1729-3774 (Входить до міжнародних наукометричних баз IndexCopernicus, American Chemical Society, РИНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, CiteFactor)

14. **Заміховський Л. М.** Розробка методик розрахунків максимальних витрат води в період повеней та паводкових вод / **Л. М. Заміховський, О. І. Клапоушак** // *Наукові вісті Галицької академії.* – Вип. 1(20). – Івано-Франківськ, 2012, С. 26-30. ISSN 2225-9716

15. **О. І. Клапоушак** Информационная система контроля количественных характеристик стока / **О. І. Клапоушак, О. Л. Заміховська** // “Современная наука: тенденции развития”: *Материалы V Международной научно-практической конференции, 23 июля 2013 г. : сборник научных статей.* – Краснодар: Начно-издательский центр Априори, 2013. – Т. II. – С. 92-96. ISSN 2308-667X

16. **Клапоушак О. І.** Сучасний стан контролю та прогнозування паводкових вод / **О. І. Клапоушак** // *Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання: 6-та Міжнародна науково-технічна конференція і виставка, 29*

листопада-2 грудня 2011 р. : збірник тез доповідей. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. – С. 209-214.

17. Заміховський Л. М. Розробка інформаційної системи для математичного моделювання швидкості фільтрації / Л. М. Заміховський, **О. І. Клапоушак** // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці: VI Всеукраїнська науково-практичної конференції, 31 травня-1 червня 2012 р. : тези доп. і повідомл. – Луганськ: Phoenix, 2012. – С. 35-38.

18. Заміховський Л. М. Математичне моделювання процесу фільтрації в задачах оцінки рівня паводкових та ґрунтових вод / Л. М. Заміховський, **О. І. Клапоушак** // Контроль управління в складних системах (КУСС-2012): XI Міжнародна конференція, 9-11 жовтня 2012 р. : тези доп. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – С. 115-116. ISBN 978-966-641-484-0

19. Заміховський Л. М. Математичне моделювання аерогідродинамічних процесів в задачах оцінки технічного стану трубопровідних систем / Л. М. Заміховський, А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, Н. І. Іванюк, **О. І. Клапоушак** // Неруйнівний контроль та технічна діагностика – UkrNDT-2012: збірник доповідей 7-ї Національної науково-технічної конференції, 20-23 листопада 2012. : матеріали конференції – Київ: УТ НКТД. – С. 344-347.

20. Заміховський Л. М. Захист і обслуговування магістральних газопроводів від негативного впливу паводкових вод / Заміховський Л. М., **О. І. Клапоушак**, Б. С. Незамай // Scientific and technical progress of the XXI century: VIII International research and practice conference, 15-17 December 2012 y. : thesis of conference reports. – Donetsk: Scientific journal "Aspect", 2012. – P. 5-7.

21. Заміховський Л. М. Математичне моделювання процесу фільтрації в задачах оцінки рівня паводкових та ґрунтових вод / Л. М. Заміховський, А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, **О. І. Клапоушак** // Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття: каталог перспективних винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій Галицьких кмітливців. – Івано-Франківськ, 2013. – С. 39-41.

22. Заміховський Л. М. Прогнозування кількості атмосферних опадів методом ковзного середнього / Заміховський Л. М., **О. І. Клапоушак** // Dynamical System Modeling and Stability Investigations" (DSMSI-2013): XVI International Conference: Modeling&Stability, 29-31 May 2013 y.: abstracts of conference reports. – Kiev, 2013. – P. 193. ISBN 978-617-571-0895-0

23. **Клапоушак О. І.** Порівняльний аналіз методів прогнозування атмосферних опадів з метою попередження виникнення паводкових вод / **О. І. Клапоушак**, О. Л. Заміховська // Наука України: перспективи і потенціал: VII Всеукраїнська науково-практична заочна конференція, 30 травня-31 травня 2013 р.: збірник матеріалів. – Одеса: Нова Освіта, 2013 – С.176-179.

24. Заміховський Л. М. Інформаційна система для прогнозування кількості атмосферних опадів / Л. М. Заміховський, **О. І. Клапоушак** // Усеукраїнська наукова конференція "Математичне моделювання та математична фізика" присвячена 90-річчю від дня народження Віктора Михайловича Глушкова, 23-27 вересня 2013 р. : матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ ім. Остроградського, 2013. – С. 47-48. ISSN 2224-5979

25. **Клапоушак О. І.** Розроблення структурних схем для контролю рівня паводкових вод / **О. І. Клапоушак, О. Л. Заміховська** // “Розвиток наукових досліджень “2013””: Дев’ята Міжнародно-науково практична конференція, 25-27 листопада 2013 р. : тези доп. – Полтава: ІнтерГрафіка, 2013. – Т. V. – С. 13-15.

26. Заміховський Л. М., А. П. Олійник, Л. О. Штаєр, **О. І. Клапоушак**, 2014. Метод виявлення вагомих факторів, які впливають на розвиток паводку. X Moderní Vymoženosti Vědy, 27 ledna-05 unora 2014 roku (issue Díl 31), Praha Publishing House “Education and Science” s.r.o, pp: 76-78. ISBN 978-966-8736-05-6.

27. **Клапоушак О. І.** Аналіз моделей контролю і прогнозування паводкових вод / **О. І. Клапоушак** // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций “РТ-2014”: 10-й междунар. молодежной науч.-тех. конф., 12-17 мая 2014 г. : материалы науч.-тех. конф.: Севастоп. нац. тех. ун-т; науч. ред. Ю. Б. Гимпилевич. – Севастополь: СевНТУ, 2014. – С. 230. ISBN 978-317-612-072-8

28. **Клапоушак О. І.** Розроблення методу контролю та прогнозування рівня паводкових вод / **О. І. Клапоушак** // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: XXIV Всеукраїнська наукова конференція аспірантів та студентів, 15-17 квітня 2014 р. : збірка доп. – Донецьк: ДонНТУ, 2014. – Т. I. – С. 224-226. ISBN 978-966-377-180-9, ISBN 978-966-377-181-6

29. Олійник А. П. Оцінка адекватності моделі прогнозування рівня паводкових вод / Олійник А. П., Заміховська О. Л., Незамай Б. С., **Клапоушак О. І.** // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития ‘2014: Международное научное издание 01-12 октября 2014 р. : Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2014. – Выпуск №3 (36), 2014 – С. 14-16. ISSN 2224-0187. (Входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX)

30. **Клапоушак О. І.** Дослідження адекватності моделі прогнозування рівня води басейну ріки Прут / **Клапоушак О. І., Штаєр Л. О.** // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте ‘2014: Международное научное издание 16-26 декабря 2014 р. : Сборник научных трудов SWorld. – Иваново: МАРКОВА АД, 2014. – Выпуск №4 (37), 2014 – С. 29-33. ISSN 2224-0187. (Входить до міжнародної наукометричної бази РИНЦ SCIENCE INDEX)

31. Заміховський Л. М. Розробка верхнього рівня системи контролю рівня паводкових вод / Л. М. Заміховський, **О. І. Клапоушак** // Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання : 7-ма Міжнародна науково-технічна конференція і виставка, 25-28 листопада 2014 р. : збірник матеріалів доповідей. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – С. 302-305

АНОТАЦІЯ

Клапоушак О.І. Забезпечення екологічної безпеки шляхом моніторингу рівня паводкових вод. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2015.



У роботі проведений аналіз існуючих методів і моделей прогнозування рівня паводкових вод та відомих апаратних засобів та АІВС їх контролю, показана обмеженість цих методів для вирішення задач контролю та прогнозування рівня паводкових вод. Розроблено математичну модель прогнозування рівня паводкових вод та тривалості паводку на основі даних спостережень за розвитком паводкових явищ.

Розроблена узагальнена прогностична схема для ефективного прогнозування і контролю підняття рівня паводкових вод та здійснено підбір технічних засобів для побудови інформаційно-виміральної системи.

Розроблені нижній та верхній рівні системи контролю рівня води річок у період паводків. Розроблено технічне та програмне забезпечення досліджень, яке дозволило провести комплекс експериментів та проаналізувати отримані дані.

Обґрунтована можливість використання апроксимуючих кривих для прогнозування паводкових вод, використовуючи дослідження адекватності моделі (коефіцієнт кореляції) та точності прогнозування (критерій регулярності). Отримані значення засвідчили, що точність прогнозування і адекватність моделі є високими.

Ключові слова: рівень паводкових вод, прогностична схема, система контролю, прогнозування.

АННОТАЦИЯ

Клапоушак О.И. Обеспечение экологической безопасности окружающей среды путем мониторинга уровня паводковых вод. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Ивано-Франковский национально-технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2015.

В работе проведен анализ существующих методов и моделей прогнозирования уровня паводковых вод и известных аппаратных средств и АИИС их контроля, показана ограниченность этих методов для решения задач контроля и прогнозирования уровня паводковых вод.

Разработана математическая модель прогнозирования уровня паводковых вод и продолжительности паводка на основе данных наблюдений за развитием паводковых явлений.

Впервые предложена методика обработки статистических данных с метеорологических станций с целью построения кривой прогноза для контроля и прогнозирования уровня паводковых вод.

Разработана обобщенная прогностическая схема для эффективного прогнозирования и контроля поднятия уровня паводковых вод и осуществлен подбор технических средств для построения информационно-измерительной системы.

Разработана структурная схема системы контроля уровня паводковых вод, которая позволит предупредить возникновение чрезвычайных ситуаций природного характера.

Осуществлен подбор аппаратных средств для построения системы контроля уровня паводковых вод с учетом целесообразности, оптимальности, эффективности и финансовых сторон.

Разработан нижний уровень системы контроля уровня воды рек в период паводков, который включает в себя функции сравнения текущих значений с заданными значениями уровня (средним и критическим) и сравнения текущих значений с заданными значениями осадков и влажности почв (критическими), а также разработан проект человеко-машинного интерфейса в SCADA WINCC, который относится к верхнему уровню системы контроля уровня паводковых вод в реальном времени и позволяет осуществлять мониторинг за количеством атмосферных осадков и влажности почв.

Обоснована возможность использования аппроксимирующих кривых для прогнозирования паводковых вод, используя исследования адекватности модели (коэффициент корреляции) и точности прогнозирования (критерий регулярности). Полученные значения показали, что точность прогнозирования и адекватность модели являются высокими.

Ключевые слова: уровень паводковых вод, прогностическая схема, система контроля, прогнозирование.

ABSTRACT

Klapoushchak O.I. Environmental safety provision by monitoring the level of flood waters. – The Manuscript.

Thesis for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences by speciality 21.06.01 – Environmental safety – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2015.

The existing method and models to predict the flood water level has been analyzed in presented work both with the known hardware AIMS control system. It was shown the limitation of these methods for the solving of the flood water monitoring and forecasting problems. The mathematical model to predict the flood water and duration based on the flooding development observation has been designed.

The lower and upper levels of the water level control system has been developed. The hardware and software research witch allowed for the complex experiments has been made, and ones data has been analyzed.

The possibility to use approximating curves for predicting flood waters, using research adequacy of the model (coefficients of correlation) and prediction accuracy (criterion of regularity) has been grounded and investigate. The obtained values showed that the prediction accuracy and adequacy of the model is high.

Key words: flood water level, predications scheme, system control, forecasting.