

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ГИДИГИЧЕСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ NI LabVIEW

(на примере системы контроля уровня воды в Гидигическом водохранилище, Республика Молдова)

**Autor (i): Marin PODUBNII, Liudmila SEBAN**  
**Conducător științific: dr., conf. univ. V. ABABII**

Universitatea Tehnică a Moldovei

***Аннотация.** В данной работе предложено решение проблемы автоматизации процесса моделирования, мониторинга и управления в области экологии на базе среды графического программирования LabVIEW. В качестве примера проектирования выбран контроль уровня воды в Гидигическом водохранилище Республика Молдова. С этой целью проведен анализ состояния объекта управления в результате, которого выявлены параметрические данные для моделирования, мониторинга и управления, выведены математические модели для описания моделируемого и управляемого процесса.*

***Ключевые слова:** Мониторинг и контроль, прогнозирование и контроль, система графического программирования LabVIEW.*

## **1. Постановка задачи**

В настоящее время во многих странах мира возникают стихийные бедствия в виде наводнений. Такая проблема характерна и для Республики Молдова, которая в последние годы потеряло, только в результате наводнений, более 100 млн. долларов. Причиной столь масштабных потерь является отсутствие Государственной программы по прогнозированию и оповещению населения о возможной опасности.

В последние годы, наиболее частые наводнения, были замечены в прибрежных зонах рек и водоемов. Наиболее губительными можно считать ежегодные наводнения, происходящие на реках Днестр и Прут. Причиной данных наводнений являются как географическое расположение Республики Молдова, так и умеренно континентальный климат. Среднегодовое количество осадков колеблется в пределах от 400 мм на юге до 550 мм в центральных и северных зонах республики. Однако, такое количество осадков не должно привести к столь разрушительным наводнениям, если не учитывать тот фактор, что они имеют преимущественно ливневый характер (например, за 3 с лишним часа выпало 182 мм осадков что привело к подъему уровня воды в реке Бык на 4.5 м) [1].

Очень большую опасность, которая может привести к наводнениям и значительным разрушениям, являются искусственные водохранилища, построенные по течению рек. Одно из таких водохранилищ является Гидигическое водохранилище или «Кишинёвское море».

***Гидигическое водохранилище*** сооружено на реке Бык в 1962 году в 75 км от истоков и в 12 км к северу от города Кишинев. Длина водоема составляет 8,5 км, максимальная ширина – 1,8 км, средняя глубина – 5 м, а максимальная не превышает 7,5 м, его общая водосборная площадь - 805 км<sup>2</sup>. Согласно статистически данным среднегодовое количество расхода воды составляет 1 м<sup>3</sup>/сек, но во время весеннего половодья он увеличивается иногда до 150 м<sup>3</sup>/сек. В крайне редких случаях расход весенних полых вод возрастает до 310 м<sup>3</sup>/сек и общий сток их может составить 48 млн. м<sup>3</sup>. Почти такое же влияние на годовой сток р. Бык оказывают в этом участке и ливни которые могут достигнуть до 105 м<sup>3</sup>/сек, иногда же расход ливневой воды может достигнуть 350 м<sup>3</sup>/сек, а ее общий сток до 35 млн. м<sup>3</sup>. Таким образом, водный режим этого участка реки Бык крайне непредсказуем.

## 2. Структурная схема системы

Система для моделирования, мониторинга и управления уровнем воды в Гидигическом водохранилище представляет собой распределенную вычислительную структуру, которая состоит из центрального сервера Server LabVIEW и сети полевых измерительных станций LCS расположенных на территории водосбора (Рис. 1.). Структура полевой измерительной станции представлена на Рис. 2 и содержит набор датчиков: влажности  $u_i$ , дебита воды  $o_i$ , уровня воды  $h_i$ , температуры воздуха  $Ta_i$ , температуры почвы  $Ts_i$  и вычислительного устройства на базе микроконтроллера MCS PIC18F67J60 [2].

Принцип функционирования разработанной системы заключается в сборе данных от датчиков, аналого-цифровое преобразование и предварительная обработка на базе устройства LCS. Передача данных на Server LabVIEW осуществляется с использованием технологии Internet через протокол TCP/IP.

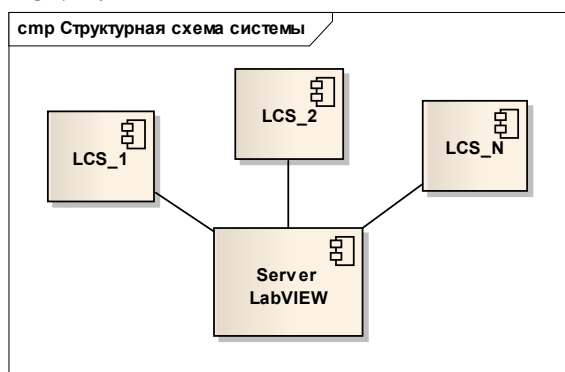


Рис. 1. Структурная схема системы.

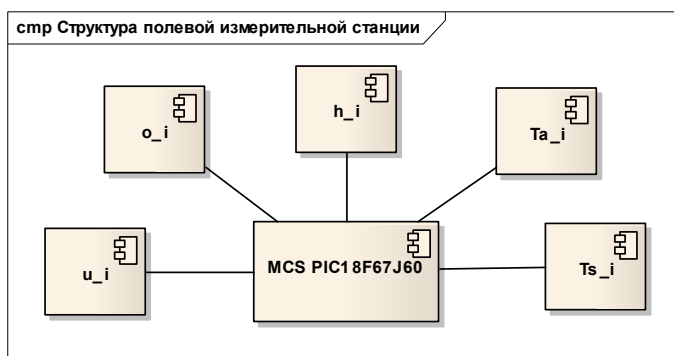


Рис. 2. Структура полевой измерительной станции LCS.

## 3. Математическая модель процесса управления и прогнозирования

Для решения задачи моделирования, мониторинга и управления уровнем воды в Гидигическом водохранилище разработаны математические модели поведения системы в реальном режиме времени (Таблица 1).

Таблица 1. Математические модели процесса управления и прогнозирования.

Модель управления		Модель прогнозирования	
$h_i = \int k_i \cdot h_i(t) dt$	(1)	$h_i = \int k_i \cdot h_i(T_i^a, T_i^s, u_i, t) dt$	(6)
$o_i = \int k_i \cdot o_i(t) dt$	(2)	$o_i = \int k_i \cdot o_i(T_i^a, T_i^s, u_i, t) dt$	(7)
$v_i = \int k_i \cdot v_i(h_i, o_i, t) dt$	(3)	$v_i = \int k_i \cdot v_i(h_i, o_i, T_i^a, T_i^s, u_i, t) dt$	(8)
$v = v_0 + \left( \sum_{i=1}^N \left( \int k_i \cdot v_i(t) dt \right) - \int v_e(t) dt \right)$	(4)	$v_p = \sum_{i=1}^N \left( \int k_i \cdot v_i(h_i, o_i, T_i^a, T_i^s, u_i, t) dt \right)$	(9)
$h = \sum_{i=1}^N \left( \int k_i^* \cdot h_i(t) dt \right) = \int h^*(v, t) dt$	(5)	$h_p = \int h^*(v_p, t) dt$	(10)

В представленных формулах использованы следующие обозначения:

$h_i$  - уровень воды на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$h$  - уровень воды в Гидигическом водохранилище;

$o_i$  - дебит воды на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$v_i$  - общий сток воды на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$v$  - объём воды в Гидигическом водохранилище;

$v_e$  - объём слива воды через шлюз;

$v_0$  - объём воды в начале процесса управления;

$k_i$  - коэффициент пропорциональности для  $i$ -й полевой измерительной станции;

$k_i^*$  - коэффициенты пропорциональности для вычисления уровня воды;

$h^*$  - функция для вычисления уровня воды;

$T_i^a$  - температура воздуха на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$T_i^s$  - температура почвы на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$u_i$  - влажность воздуха на  $i$ -й полевой измерительной станции;

$h_{\max}$  - максимально допустимый уровень воды в Гидигическом водохранилище;

$v_{\max}$  - максимально допустимый объём воды в Гидигическое водохранилище;

$N$  - количество полевых измерительных станций.

Поддержание необходимого уровня воды, путем открытия и закрытия соответствующих шлюзов обеспечивается согласно следующему условию:

$$c = \begin{cases} \text{Open, if } ((v > v_{\max}) \text{ OR } (h > h_{\max}) \text{ OR } (v_p > v_{\max}) \text{ OR } (h_p > h_{\max})), \\ \text{Close, other.} \end{cases} \quad (11)$$

#### 4. Определение требований к системе

Функциональность системы моделирования, мониторинга и управления уровнем воды в Гидигическом водохранилище представлено диаграммой UML на Рис. 3. В зависимости от необходимости пользователь может выбирать один из режимов функционирования системы: контроль или прогнозирование уровня воды. Контроль уровня воды заключается в выполнении следующих действий: ввод, передача и накопление данных ( $o_i, h_i$ ) от LCS, обработка данных на базе описанных математических моделей (1)-(5) и принятие решения на базе условия (11). Прогнозирование уровня воды заключается в выполнении следующих операций: ввод, передача и накопление данных ( $T_i^a, T_i^s, u_i, o_i, h_i$ ) от LCS, обработка данных на базе описанных математических моделей (6)-(10) и принятие решения на базе условия (11).

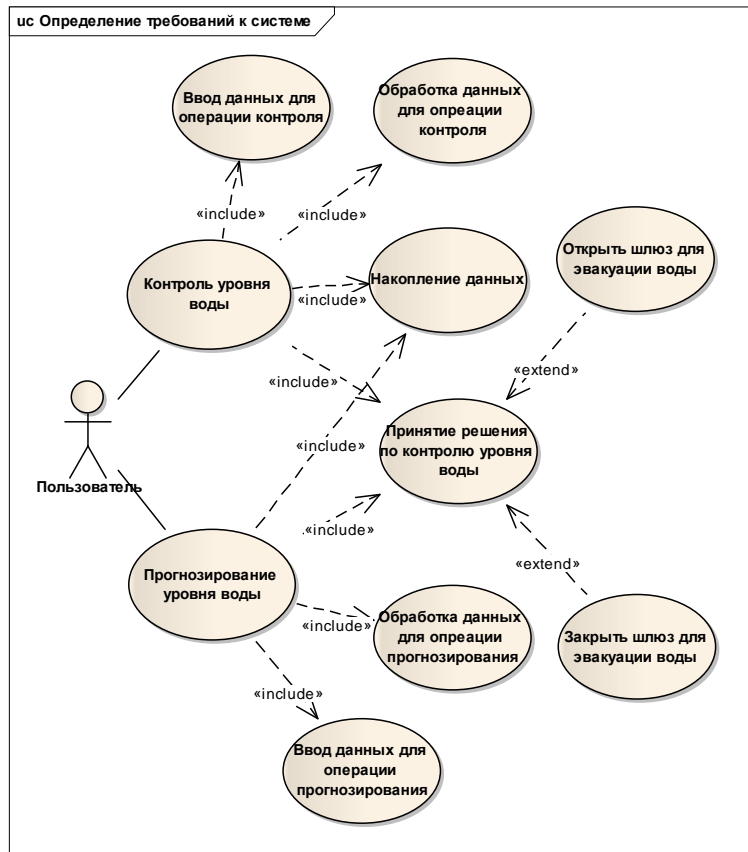


Рис. 3. Функциональность системы.

## 5. Описание решения

Решение задачи контроля уровнем воды в Гидигическом водохранилище базируется на использовании среды графического программирования NI LabVIEW [3, 4]. Результат реализации основных функций системы управления представлен в виде блок-схемы на Рис. 4, где: 1 – блок обработки данных для вычисления уровня воды; 2 – блок обработки данных для вычисления объема воды; 3 – блок прогнозирования; 4 – блок сравнения; 5 – блок разделения входных данных; 6 – блок связи с устройствами передачи данных LCS; 7 – выборка информации для отображения на экране в графическом интерфейсе пользователя [5].

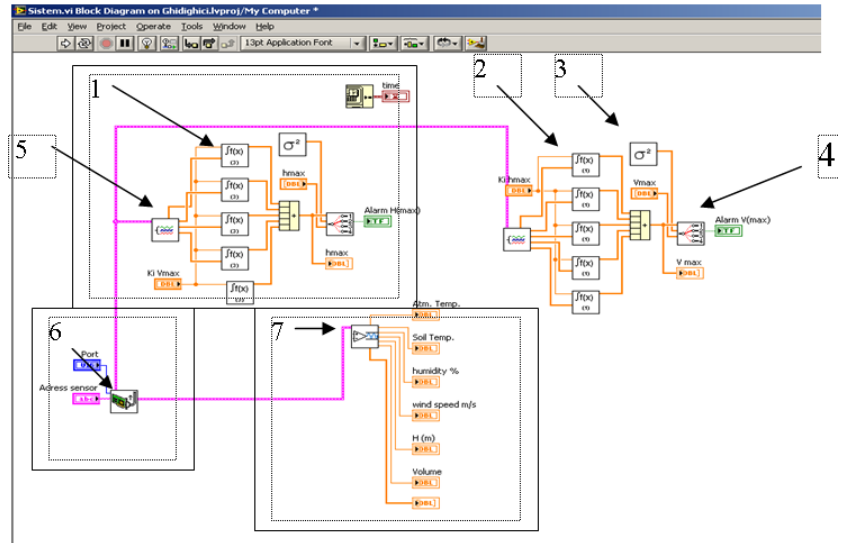


Рис. 4. Блок-схема системы управления.

Графический интерфейс пользователя системы управления представлен на Рис. 5, где: 1 – карта Р. Молдова с указанием географии расположения полевых измерительных станций; 2 – поле для отображения состояния датчиков и управления; 3 – графики для отображения динамики уровня воды; 4 – графики для отображения динамики объема воды; 5 – графики для отображения дебита воды.

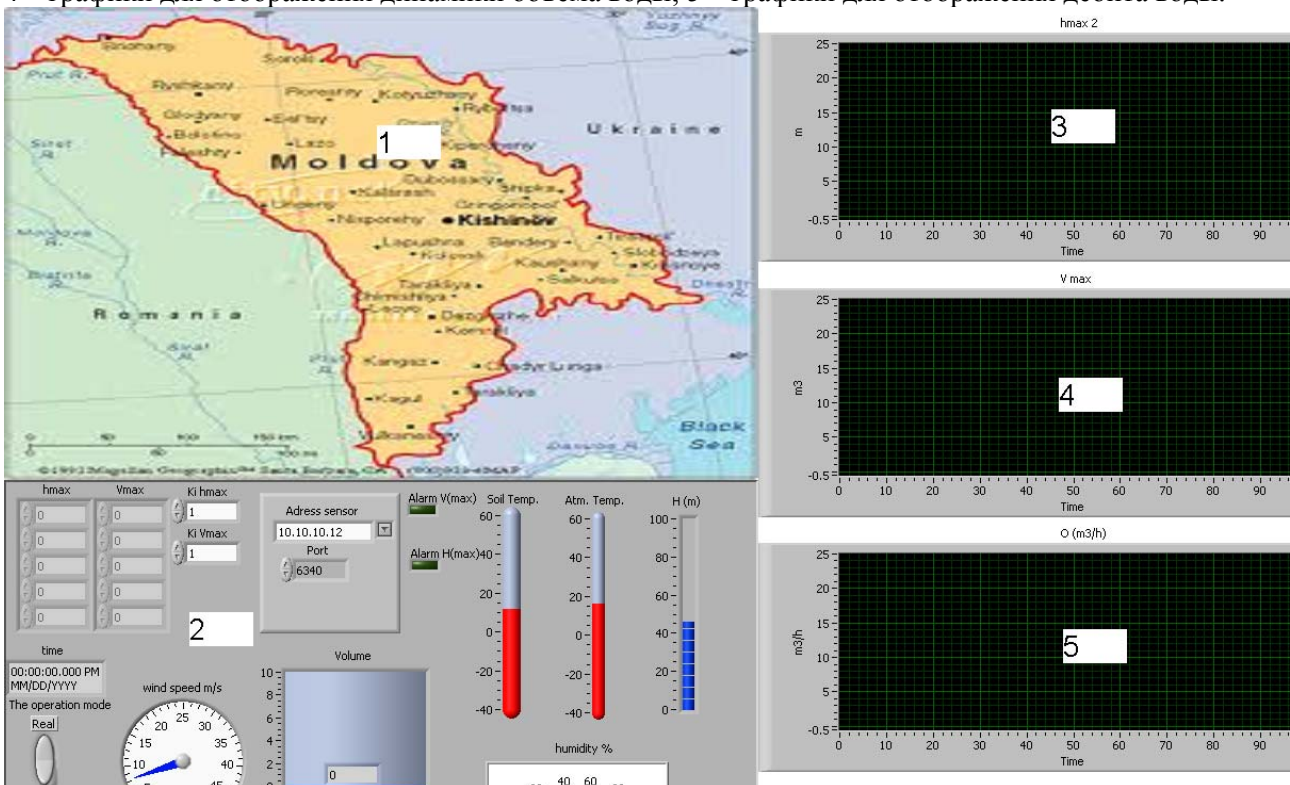


Рис. 5. Графический интерфейс пользователя.

## 6. Используемое оборудование и ПО

Полевые измерительные станции, разработанные на базе микроконтроллера – PIC18F67J60.

Датчики температуры и влажности – DTH22.

Среда графического программирования – LabVIEW 2010.

## **7. Внедрение и развитие решения**

Данное решение разработано в качестве демонстрационной системы управления экологическими процессами при использовании среды графического программирования LabVIEW 2010. В настоящее время используется как учебный стенд для моделирования поведения динамики экологических систем и моделей.

Дальнейшее развитие данной системы является ее внедрение как системы контроля и прогнозирования уровня воды в Гидигическом водохранилище, с возможностью применения для проектирования систем контроля и прогнозирования уровня воды и для других водохранилищах на территории Республики Молдова и за ее пределами (Россия, Украина, Румыния).

## **8. Список литературы**

1. <http://www.moldova.org>
2. <http://www.microchip.com>
3. <http://www.ni.com/labview/>
4. Gary W. Johnson, Richard Jennings. LabVIEW Graphical Programming, Fourth Edition, ISBN 0-07-145146-3, 593p., 2006.
5. Victor ABABII, Viorica SUDACEVSCHI, Diana PALII, Marin PODUBNII, Ion CEBANU, Gheorghe PANTAZ, Liudmila CEBAN. Sistem de Monitorizare și Controlul a Nivelului Apei în Lacul “Ghidighici” (Перевод: Система Мониторинга и Управления Уровнем Воды в Гидигическом Водохранилище). *Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Conference on „Microelectronics and Computer Science”, Chișinău, Republic of Moldova*, September, 22-24, 2011, p.p. 421-424, ISBN 978-9975-45-174-1 – 0.20 c.a.