

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ КОНТРОЛЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН З УРАХУВАННЯМ ЕВАПОТРАНСПІРАЦІЇ

UDC 004.9:626.8

N. Demchan; R. Zharovskyi, PhD.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR CONTROL OF PLANT GROWTH WITH INCLUDES OF EVAPOTRANSPIRATION

В умовах глобальних кліматичних змін та зростання вартості ресурсів, підвищення ефективності водокористування стає критичним завданням для агросектору. Традиційні методи автоматизації (таймерні системи) не враховують динаміку мікроклімату, що призводить до нераціональних витрат води та втрати врожайності. Метою роботи є оцінка ефективності розробленої прогностичної системи, що базується на гібридному методі розрахунку евапотранспірації ET_c згідно зі стандартом FAO-56[1].

Матеріали та методи. Для верифікації розроблених алгоритмів було проведено серію імітаційних експериментів. Вхідними даними слугували історичні часові ряди метеопараметрів (температура, вологість, сонячна радіація) за вегетаційний період. Порівняння проводилося між розробленою адаптивною системою та контрольною групою.

Результати досліджень. На першому етапі було проаналізовано адекватність роботи математичного ядра системи. Результати моделювання на рисунку 1 підтвердили високу кореляцію між вхідними даними сонячної радіації R_n та розрахованою швидкістю випаровування вологи [2].

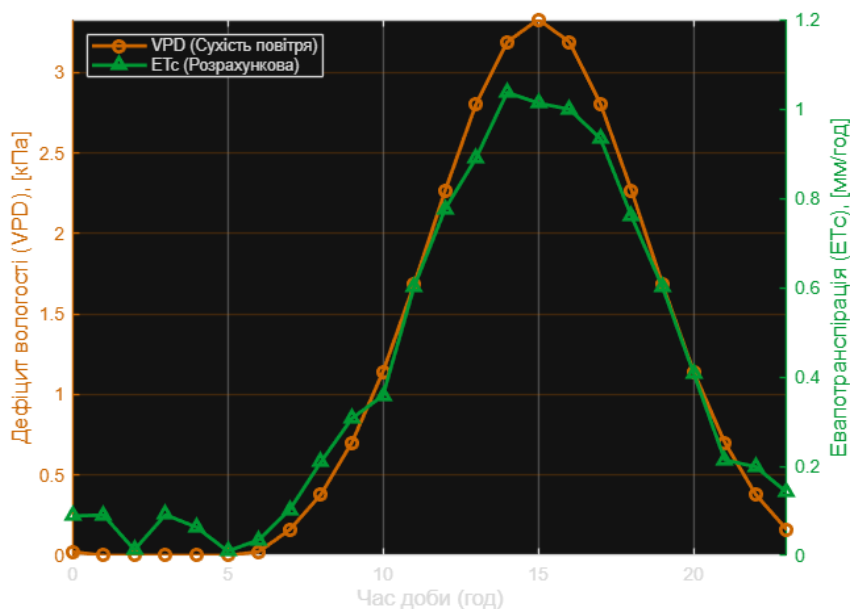


Рисунок 1. Динаміка формування розрахункового значення ET_c залежно від радіації

Графік демонструє, що система коректно інтегрує енергетичні та аеродинамічні параметри середовища, забезпечуючи плавний розрахунок вологовтрат без дискретних помилок, характерних для методів усереднення.[3]

Другим етапом стала перевірка стабільності водного режиму ґрунту. Моделювання динаміки виснаження вологи D_r показало, що алгоритм керування надійно утримує вологість у межах норми, що зображено на рисунку 2.

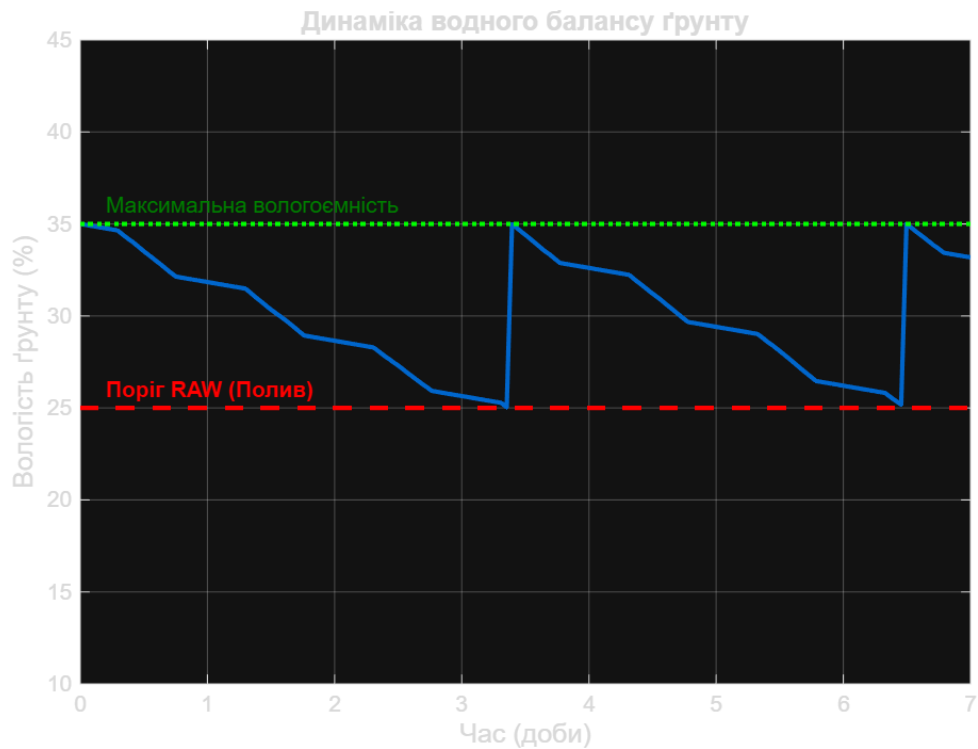


Рисунок 2. Динаміка водного балансу в кореневій зоні

Як видно з графіка, система активує виконавчий механізм (помпу) виключно при досягненні порогу легкодоступної вологи (RAW). Це дозволяє уникнути глибокого пересихання ґрунту, яке є критичним для кореневої системи, та запобігає втратам води через інфільтрацію.

Третім етапом став порівняльний аналіз ресурсної ефективності, що зображено на рисунку 3. Встановлено, що таймерна система витрачає фіксований об'єм води незалежно від погодних умов, що призводить до систематичного перезволоження у похмурі дні.

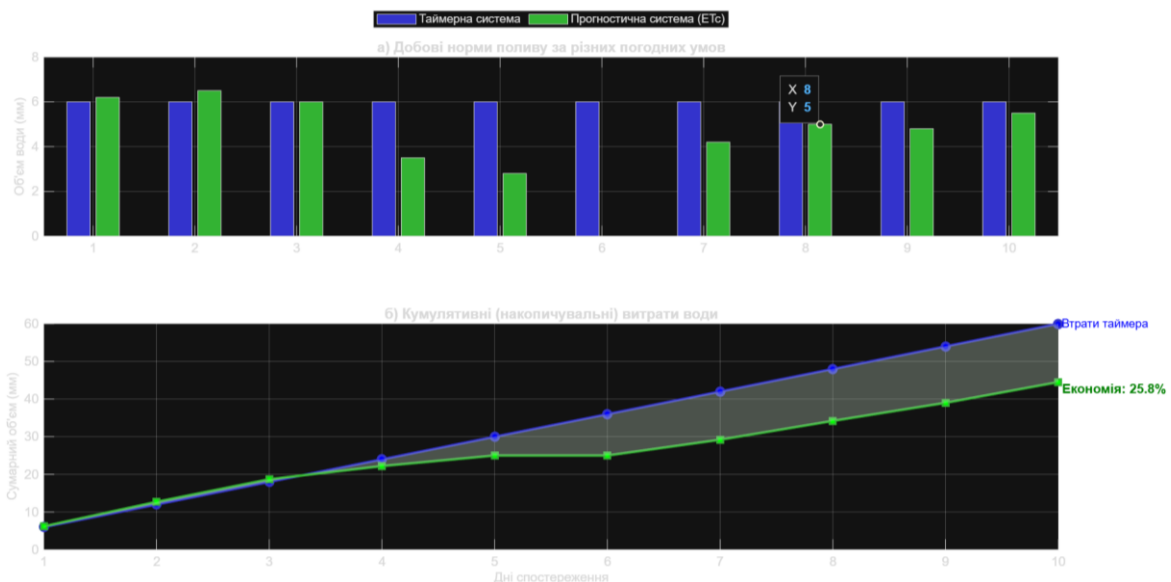


Рисунок 3. Порівняльний аналіз витрат води при різних стратегіях керування

Натомість прогностична система адаптує норми поливу, знижуючи їх у дні з низьким ETc. Розрахунки показали, що такий підхід дозволяє заощадити до 25% водних ресурсів за сезон.

Розроблена система забезпечує стабільні умови для вегетації, що сприяє збільшенню прогнозованої врожайності на 12–15% порівняно з традиційними методами.

Висновки. Результати досліджень свідчать, що впровадження розробленого програмно-апаратного комплексу є економічно та агрономічно обґрунтованим. Запропонована архітектура дозволяє не лише скоротити експлуатаційні витрати, але й повніше реалізувати генетичний потенціал культур завдяки точному дотриманню водного балансу.

Література

1. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Smith, J. Optimization of Water Usage in Automated Irrigation Systems. Journal of Agricultural Engineering. 2018. P. 201–214.
3. Brown, T., White, K. IoT and Data Analytics for Smart Irrigation. IEEE Transactions on Smart Agriculture. 2020. P. 145–160.