

**Аннотация.** Приведены результаты исследований влияния магнитного поля на биопотенциал проростков ячменя. Установлены зависимости биопотенциала ячменя от магнитной индукции и скорости движения семян в магнитном поле. Определен наиболее эффективный режим обработки.

**Ключевые слова:** ячмень, биопотенциал, магнитная индукция, скорость движения семян.

## CHANGE OF BARLEY BIOPOTENTIAL BY PRE-SOWING TREATMENT IN A MAGNETIC FIELD

**V. Savchenko, A. Sinyavsky**

**Annotation.** The results of research on the influence of magnetic field on biopotential barley seedlings are described. The dependencies of barley biopotential by magnetic induction and speed of the seeds in a magnetic field are determined. The most effective treatment regimen are identified.

**Key words:** barley, action potential, the magnetic induction, the velocity of the seed.

УДК 681.516.75:631.234

## АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ І СИСТЕМ У СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

**В. П. Лисенко, В. В. Коваль, доктори технічних наук**

**А. О. Дудник, кандидат технічних наук**

**Т. І. Лендел, асистент**

**email: taraslendel@rambler.ru**

**Анотація.** Споруди закритого ґрунту характеризуються наявністю біологічної складової – рослини та технологічного обладнання, здатного забезпечувати певні технологічні вимоги: температуру, вологість, концентрацію вуглекислоти у повітрі, температуру ґрунту, світловий режим рослин тощо. Усе зазначене впливає на стан рослин та їх продуктивність. Електротехнічні комплекси, як складові технологічного обладнання, призначені формувати стратегії керування як окремими технологічними процесами, так і виробництвом у цілому. Тобто, ефективність виробництва суттєво залежить від якості електротехнічних комплексів, а ще більше – від здатності цих комплексів формувати енергоефективні стратегії керування.

**Ключові слова:** електротехнічний комплекс, енергетика, керування.

---

© В. П. Лисенко, В. В. Коваль,  
А. О. Дудник, Т. І. Лендел, 2015

Підтримання в теплиці технологічних параметрів вирощування (температура і вологість повітря, концентрація CO<sub>2</sub>, рівномірність розповсюдження цих параметрів в атмосфері теплиці, світлові режими та їх інтенсивність) забезпечується електротехнічними комплексами і системами, що, залежно від призначення, характеризуються як певною структурою, так і її наповненням [1]. До електротехнічних комплексів (електротехнічний комплекс – це набір електротехнічних пристроїв, об'єднаних у єдине ціле для забезпечення певного процесу), які використовують у теплиці, відносять: котли опалення з електричними засобами; вентилятори з електричними приводами; мотор-редуктори, лампи досвічування, електричні насоси, електроклапани, пускозахистну апаратуру, локальні регулятори (у тому числі реалізовані на базі контролерів), комп'ютерну техніку для керування виробництвом і його супроводу. При цьому електротехнічні комплекси використовують як для локального, місцевого впливу, так і впливу на теплицю в цілому.

**Мета досліджень** – аналіз функціонування електротехнічних комплексів, що використовуються в теплицях під склом, виявлення їх недоліків і формування вимог щодо стратегій керування технологічними процесами та виробництвом у цілому.

**Матеріали та методика досліджень.** Багаторічними дослідженнями встановлено, що одним із найважливіших технологічних параметрів, при вирощуванні рослинної продукції в теплицях, є температура. Окрім того, і з економічної точки зору, підтримання температурних режимів є найбільш затратною складовою при виробництві такої продукції (встановлено, що енергетика в цілому для теплиць під склом займає до 70% від собівартості виробництва рослинної продукції. При цьому на обігрів шатра теплиці використовується близько 80 % теплоти, ґрунту – 9 %, води для підживлення рослин – 4 %, інші затрати становлять 7 %). Це добре ілюструє вираз [2]:

$$Q = 1,1 K_{огор.} \cdot F \cdot k \cdot k_{інф} (t_{вс} - t_{зов.}), \quad (1)$$

де Q – витрати тепла на опалення, кДж/год;

$K_{огор.}$  – коефіцієнт огородження, Вт/м<sup>2</sup>·°C;

F – інвентарна площа, м<sup>2</sup>;

k – коефіцієнт тепловіддачі засткленої поверхні, Вт/м<sup>2</sup>·°C;

$k_{інф}$  – коефіцієнт інфільтрації, Вт/м<sup>2</sup>·°C;

$t_{вс}$  – температура в теплиці, °C;

$t_{зов.}$  – середнє значення температури зовнішнього середовища, °C.

За результатами аналізу виразу (1) можна зробити висновок, що тепло (енергія) витрачається на компенсацію природніх збурень і обсяги такої компенсації залежать від теплотехнічних характеристик теплиці та площі, через які втрачається або надходить енергія. Зрозуміло, що при цьому виникають певні затрати енергії на привід електротехнічних комплексів і систем, що регулюють основні потоки енергії, але видатки на неї менші, порівняно з видатками на енергію, яку отримують нині, здебільшого, за рахунок спалювання природного газу. Оскільки зменшити площі огородження теплиць, поліпшити їх теплотехнічні характеристики на сьо-

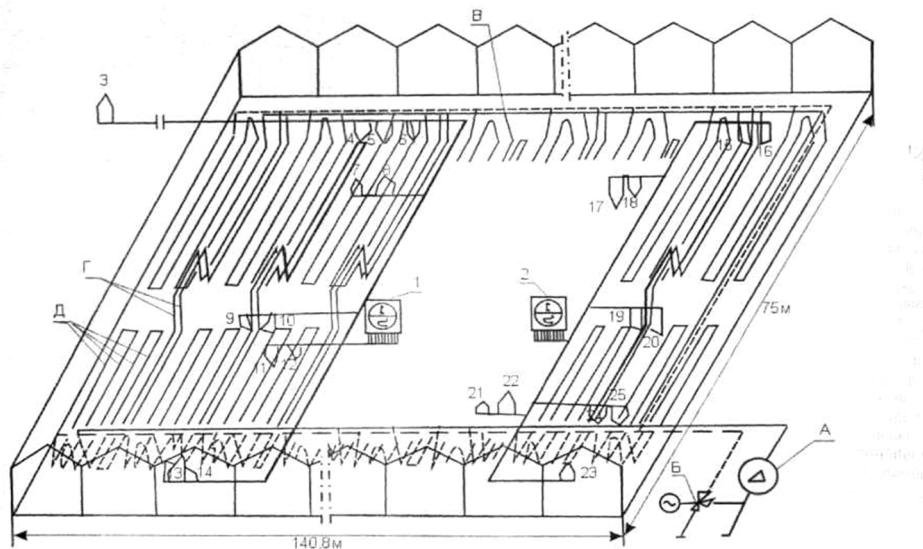
годні практично неможливо, основні зусилля слід спрямувати на покращення характеристик електротехнічних комплексів і систем та режимів їх функціонування.

З огляду на вищезазначене, постає потреба у проведенні аналізу існуючих електротехнічних комплексів і систем з метою мінімізації енергії при вирощуванні рослинної продукції в теплицях під склом за умов, що якість цієї продукції буде відповідати вимогам технологічного стандарту.

**Результати досліджень.** Теплиця під склом – це біотехнічний об'єкт, що вміщує технічну складову (у тому числі будівлю), призначення якої – реалізувати технологію, і біологічну – рослину, призначення якої – давати продукцію (рис. 1).

**Рис. 1. Теплиці як біотехнічний об'єкт**

Як було зазначено, найбільш енергоємним у теплиці є технологічний процес забезпечення температурних режимів. Спрощено технологічне обладнання цього процесу показано на рис.2.



**Рис. 2. Спрощена технологічна схема системи обігріву блочної теплиці та вимірювальні прилади для її дослідження:**

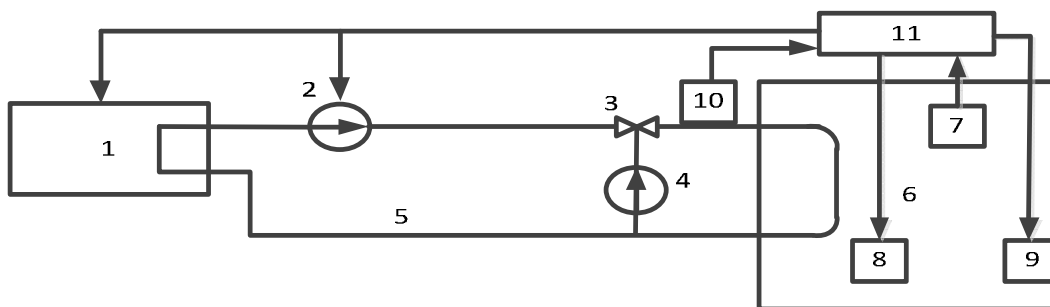
А – мережевий насос; Б-В – магістральний трубокмішувальний вентиль; труби прямої і зворотної води; Г, Д – труби обігріву; 1 і 2 – багатоточкові електронні потенціометри ЗПП-09; 3-25 – терморезистори (датчики)

Система обігріву теплиці складається з 132 регістрів, кожний з яких являє собою петлю з труби діаметром 50 мм, завдовжки 150 м. При цьому труби опалення розміщують рівномірно на всій площі теплиці відповідно до технологічного розрахунку. Для водяного опалення, як показано на рис. 3, застосовують опалювальні котли (потужністю 500 кВт), насоси (потужністю 11 кВт) та, залежно від температури теплоносія труби опалення: скляні, пластмасові, сталеві гладкі та сталеві ребристі труби з відповідним антикорозійним захистом.



**Рис. 3. Обігрівні труби опалювальної системи в теплиці**

Стратегії керування таким технологічним обладнанням реалізуються за допомогою електротехнічного комплексу, спрощена структура якого показана на рис. 4.

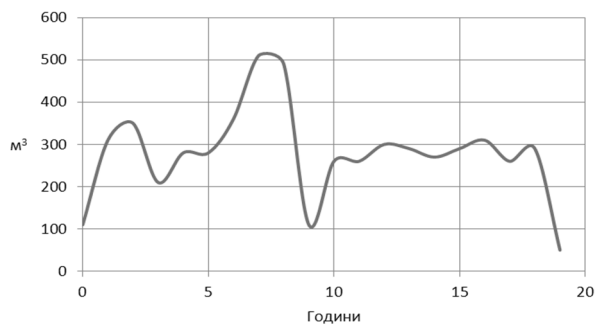


**Рис. 4. Спрощена структурна схема електротехнічного комплексу забезпечення температури повітря в теплиці:**

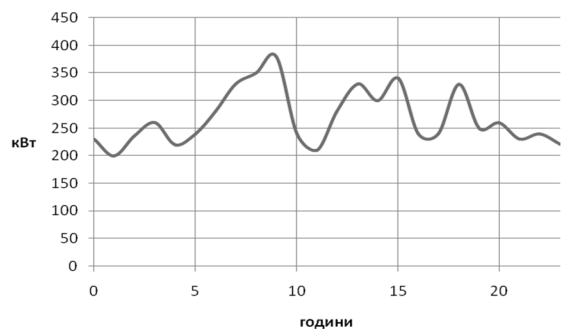
- 1 – водогрійний котел; 2 – насос; 3 – електромагнітні клапани; 4 – змішувач гарячої і холодної води; 5 – контур гарячої і холодної води; 6 – простір теплиці;
- 7 – датчики температури повітря; 8 – електричні двигуни вентиляторів;
- 9 – мотор-редуктори фрамуг; 10 – датчики температури трубопроводу;
- 11 – регулятор

З метою оцінки обсягів споживання енергії для забезпечення температурних режимів в спорудах закритого ґрунту приведемо окремі результати вимірювань, які було проведено в теплиці № 9 ПАТ «Комбінат «Тепличний» Київської області у весняний період (рис. 5 і 6). Встановлено, що газовий котел за добу споживає до 5000 м<sup>3</sup>, а добове споживання електричної енергії становить близько 6000 кВт·год.

Такі обсяги спожитої енергії є характерними для сучасних споруд закритого ґрунту під склом, проте величина цих обсягів спонукає шукати шляхи зменшення енергетичних витрат.



**Рис. 5. Добове споживання природного газу котлом**



**Рис. 6. Споживання електроенергії в теплиці**

На сьогодні у кращих спорудах закритого ґрунту використовуються електротехнічні комплекси переважно зарубіжного виробництва з високою надійністю експлуатації, за умов виконання відповідних технічних вимог. Проте такі комплекси реалізують традиційні стратегії керування, а саме: стратегії стабілізації, які не враховують:

- а) станів рослин, у тому числі якості рослин, і, як наслідок, їх здатності реалізовувати задану технологією продуктивність;
- б) результатів аналізу природних збурень, їх прогнозу та використання цього при формуванні стратегій керування;
- в) реальних параметрів технологічних режимів в атмосфері теплиці для всього її об'єму, де знаходиться рослина, а не лише місця встановлення обмеженої кількості первинних перетворювачів.

Зробимо деякі пояснення до приведеного переліку зауважень щодо застосування електротехнічних комплексів і систем у сучасних спорудах закритого ґрунту:

1. На сьогодні у типовій структурі електротехнічних комплексів відсутні пристрої, здатні розпізнавати стани рослин і цим сприяти відповідною реакцією на технологію. До таких станів можна віднести якість плоду (можна, наприклад, характеризувати стиглістю, геометрією та розмірами плоду), наявність характерних ознак фітозахворювань; такі пристрої при використанні спеціальних алгоритмів дозволяють суттєво скоротити витрати енергії [3].

2. До природних збурень, що діють на споруди закритого ґрунту, відносять, у першу чергу, зовнішню температуру та інтенсивність сонячної радіації; прогнозування цих збурень та використання результатів для формування стратегій керування електротехнічними комплексами, як показали результати спеціальних досліджень [4], дозволяють скоротити витрати енергії до 13 %;

3. Тривалі дослідження [5, 6, 7] дають підстави стверджувати, що значення технологічних параметрів в атмосфері теплиці суттєво відрізняються від рекомендованих технологією і неоднакові в різних точках про-

сторю теплиці, а це ставить під сумнів доцільність використання традиційних математичних моделей теплиці для формування адекватних реальному стану стратегій керування; застосування просторово-розподілених моделей [7] значно точніше описує динамічні характеристики такого складного об'єкта, яким є теплиця, і є запорукою ефективнішого використання такої моделі для формування стратегій керування.

4. Обмежена кількість первинних перетворювачів температури в теплиці не дозволяє оцінити реальний стан її атмосфери у її робочих зонах; для вирішення означеної проблеми рекомендується використовувати роботизований інтелектуальний електротехнічний комплекс, економічне використання котрого показано в [8, 9].

### Висновки

1. Існуюча в сучасних спорудах закритого ґрунту (теплицях) структура електротехнічного комплексу не дозволяє отримувати достовірну інформацію про реальні значення технологічних параметрів і режимів, що потребує розробки необхідних складових такої структури.

2. Системи стабілізації навіть на сучасній елементній базі неспроможні забезпечити ефективне використання енергетичних потоків у спорудах закритого ґрунту. Є потреба у використанні алгоритмів, здатних до аналізу природних збурень, розпізнавання станів рослин і на цій основі формування стратегій керування, що забезпечать мінімізацію у споживанні енергії за умов, що якість рослинної продукції буде відповідати вимогам технології.

### Список літератури

1. Автоматизация и электрификация защищенного грунта / под ред. Л. Г. Прищепа. – М. : Колос, 1976.
2. Агарков А. М. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплиц / А. М. Агарков, Г. Г. Шишко. – К. : Будивельник, 1985. – 120 с.
3. Лысенко В. Ф. Вейвлет-анализ в фитометрии растений / В. Ф. Лысенко, И. М. Болбот, Т. И. Лендел // Сб. научных трудов «Актуальные вопросы современной науки». – 2014. – С. 163–173.
4. Аналіз економічної та технологічної ефективності системи керування мікрокліматом у теплиці / В. П. Лисенко, В. М. Штепа, А. О. Дудник // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2013. – Вип. 142. – С. 39–42.
5. Лисенко В. П. Фітотемпературний критерій оцінки розвитку рослини / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел // «Енергетика і автоматика». – 2013. – № 3 (11). – С. 122–128.
6. Температура рослин як параметр для регулювання / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, В. О. Мірошник, Т. І. Лендел // Науковий вісник НУБіП України. – 2015. – Вип. 209, ч.1. – С. 64–72.
7. Моделювання просторового розподілу температурних зон в теплиці / В. П. Лисенко, В. О. Мірошник, Т. І. Лендел // Біоресурси і природокористування. – 2015. – Т. 7, № 1, 2. – С. 159–165.

8. Лисенко В. П. Роботи та робототехнічні системи в агропромисловому комплексі // В. П. Лисенко, І. М. Болбот // Науковий вісник НУБіП України. – 2010. – Вип.153. – С. 105–110.

9. Лисенко В.П. Економічне обґрунтування застосування робототехнічного комплексу в теплиці / Лисенко В. П., Лендел Т. І. // Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними комплексами», 27 листопада, Київ НУХТ, 2014.

## **АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА**

***В. Ф. Лысенко, В. В. Коваль, А. А. Дудник, Т. И. Лендел***

***Аннотация.** Сооружения закрытого грунта характеризуются наличием биологической составляющей – растения и технологического оборудования, способного обеспечивать определенные технологические требования: температуру, влажность, концентрацию углекислоты в воздухе, температуру почвы, световой режим растений и т. п. Все отмеченное влияет на состояние растений и их производительность. Электротехнические комплексы, как составляющие технологического оборудования, призваны формировать стратегии управления как отдельными технологическими процессами, так и производством в целом. То есть, эффективность производства существенно зависит от качества электротехнических комплексов, а еще больше – способности этих комплексов формировать энергоэффективные стратегии управления.*

***Ключевые слова:** электротехнический комплекс, энергетика, управление.*

## **ANALYSIS OF ELECTRICAL COMPLEXES AND SYSTEMS IN GREENHOUSES**

***V. Lysenko, V. Koval, A. Dudnik, T. Lendiel***

***Annotation.** Facilities closed ground characterized by biological component – plants and process equipment that can provide certain technological requirements: temperature, humidity, carbon dioxide concentration in the air, soil temperature, light regime of plants, and so on. All specified conditions affect plants and their productivity. Electrical systems, as components of technological equipment, called up to form a management strategy as separate technological processes and manufacturing as a whole. Thus, production efficiency greatly depends on the quality of electrical systems, and more on the ability of these complexes to form management policy.*

***Key words:** electrical complex, energetics, controls.*