

РАСЧЕТ ВЫРАБОТКИ ЭНЕРГИИ И ОБОСНОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ КАЧЕСТВ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДНОГО АГРЕГАТА

Показано, что при среднегодовых скоростях ветра 6–8 м/с, выработку энергии регулируемым ветроэлектрическим зарядным агрегатом на 27–50% выше, чем нерегулируемым. Предложена методика уточненного расчета выработки энергии ветроэлектрическими установками.

CALCULATION OF ENERGY PRODUCTION AND SUBSTANTIATION OF ADJUSTING QUALITIES OF WIND-ELECTRIC CHARGER

It was proved that under annual averages of wind speed of 6–8 m/sec energy production with an adjustable wind-electric charging set is higher by 27–50% comparing with unregulated one. A procedure is offered to make calculations of energy production with wind-electric installations.

УДК 631.544.45

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЗАКРИТИХ АГРОЕКОСИСТЕМ

Б.М. Ковалишин, канд. техн. наук

НУБіП України

Розглянуто можливі шляхи підвищення енергоефективності опромінювальних установок в умовах закритих агроecosystem. Обґрунтовано використання, як найбільш ефективних, дугових ртутних ламп ДРФ-1000; світловідбиваючих екранів; установок, моделюючих сонячний день із змінною хмарністю; приведена математична модель установки змінного опромінення.

Проблема. Інтенсивність фотосинтезу та продуктивність зелених рослин залежить від багатьох факторів, серед яких світловий фактор є одним з найбільш важливих. Кванти світла для рослини є практично єдиним джерелом енергії, яка забезпечує перетворення вуглекислого газу, води і простих мінеральних речовин у складні органічні сполуки [1, 2].

Інтенсивність фотосинтезу рослин залежить від багатьох світлових чинників. Найважливішими показниками світлового опромінення для

рослин є його інтенсивність, спектральний розподіл, характер зміни інтенсивності освітлення протягом доби та вегетації [1, 3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Використання джерел штучного світла для цілей рослинництва закритого ґрунту тісно пов'язане із спорудами штучного клімату і, в першу чергу, з фітотронами. У минулому столітті будівництво фітотронів набуло значних масштабів. Перший фітотрон було збудовано за проектом Ф. Вента у 1949 р. в Пасадені в Ерхартовській дослідницькій лабораторії (Каліфорнія, США) [4]. До числа перших фітотронів належать також фітотрони Льежського університету (Франція), Інституту фізіології ім. К.А. Тимірязєва АН СРСР, Інституту селекції плодівих культур у Вагенінгені (Нідерланди) [3].

В Україні для наукових і селекційних цілей були споруджені фітотрони в Миронівському інституті пшениці, Одеському селекційно-генетичному інституті, Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва та деяких інших наукових установах.

У фітотроні МІП проводились масштабні дослідження різних типів джерел штучного оптичного опромінення за їх впливом на ріст, розвиток, фотосинтез та урожайність озимих та ярих пшениці і ячменю [5, 6].

Відомі розробки енергоефективних освітлювальних установок [7, 8], які забезпечують переривчасте опромінення рослин в умовах штучного клімату.

Постановка завдання. Основною причиною стримування використання джерел штучного опромінення в закритих агроєкосистемах для проведення наукових біологічних досліджень, вегетації рослин для цілей селекції та у виробництві овочевої продукції є значні витрати електроенергії і коштів на їх функціонування. Підвищення ефективності використання джерел штучного опромінення полягає у зменшенні цих витрат, що призведе до більш широкого використання досвічування вегетуючих рослин в умовах закритого ґрунту.

Метою досліджень є підвищення енергоефективності джерел штучного опромінення у рослинництві закритого ґрунту.

Методика досліджень. Дослідження з випробування джерел штучного світла проводились в умовах фітотронно-тепличного комплексу МІП. Вони полягали у виборі ламп, спектр випромінювання яких є найбільш придатним для певного виду рослин та їх фізіологічного стану; у застосуванні світловідбиваючих екранів; у використанні обладнання, що дає можливість проводити фізичне і математичне моделювання природної зміни освітленості протягом доби.

Вимірювання освітленості проводилось люксметром Ю-116, інтегральної опроміненості — піранометром Янішевського.

Виклад основного матеріалу. Дослідження впливу різних типів ламп із різним спектральним розподілом променевої енергії на розвиток і урожайність рослин ярих та озимих пшениці і ячменю [4, 5] вивчався протягом тривалого періоду в умовах фітотронно-тепличного комплексу Миронівського інституту пшениці. Вивчався вплив на рослини опромінення таких типів ламп: ЛН-1000, ЛН-500, ДКсТЛ-10000, ДКсТЛ-1500, ДКсТВ-6000, ДРОТ-2000, ДНаТ-400, ДРЛ-1000, ДМ4-6000, ДРЛФ-400, ДРФ-1000, різних типів люмінесцентних ламп та інших. За результатами експериментів як найбільш оптимальне джерело світла при вирощуванні зернових колосових культур в закритих агроєкосистемах вибрана дугова ртутна лампа високого тиску ДРФ-1000 з наповненням йодидами натрію, талію, літію і максимумом випромінювання при довжині хвилі $\lambda=650\ldots700$ нм.

Експерименти з використанням світловідбиваючих екранів проводились у кліматичній камері PGW-36 і в пристосованому для вирощування рослин приміщенні.

Світловідбиваюча установка використовувалась у камері PGW-36 для проведення експериментів з зерновими колосовими культурами. Установка у зібраному вигляді показана на рис. 1. Джерелами світла слугували три лампи ДРЛ-1000 1. Світловідбивання забезпечувалось смугами металізованої дзеркальної поліамідної плівки 2, які за допомогою шарнірів 3 кріпляться на ажурному каркасі 4, виготовленому у вигляді половини циліндричної поверхні. Шляхом повертання смуг світловідбивача вздовж осі можна змінювати кут відбивання світлових

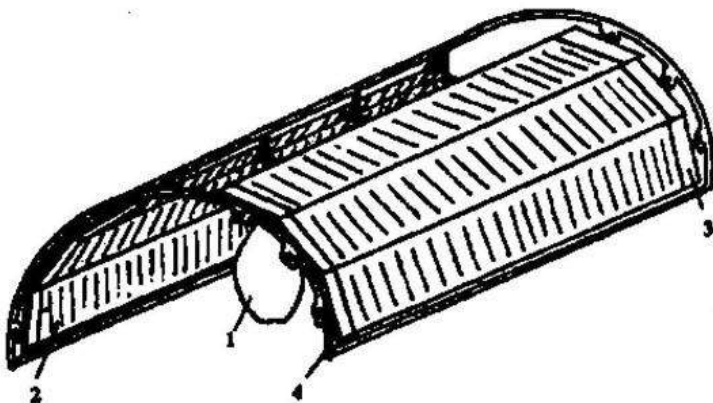


Рис. 1. Світловідбиваюча установка кліматичної камери: 1 — лампа ДРЛ-1000; 2 — смуга дзеркальної плівки; 3 — шарнірне кріплення; 4 — каркас

променів, встановлюючи у певних межах рівень світлового опромінення у будь-якій точці площини верхівок рослин. Тим самим можна було вирівняти по всій площині, збільшити або зменшити в певних межах освітленість у потрібній її ділянці.

Проведені вимірювання розподілу світлової опроміненості у площині верхівок рослин у камері PGW-36 без

застосування світловідбиваючої установки показали, що вона була на рівні $204 \pm 6,6$ Вт/м². Після встановлення світловідбиваючої установки було досягнуто підвищення опроміненості у площині на рівні верхівок рослин до $297 \pm 9,5$ Вт/м² (на 45,6%). Коефіцієнт варіації, за яким оцінювалась рівномірність розподілу променевої енергії у площині верхівок рослин камери РGW-36, у першому випадку був рівним 3,24%, у другому — 3,13%. Цим самим підтверджено ефективність застосування світловідбиваючої установки в камерах штучного клімату.

При вирощуванні рослин озимого і ярого ячменю у пристосованому приміщенні застосовувались світловідбиваючі екрани з металізованої лавсанової плівки. Було випробувано три типи джерел штучного світлового опромінення: дугові ртутні лампи високого тиску ДРФ-1000 (1 шт.) і ДРЛФ-400 (2 шт.) та енергозберігаючі люмінесцентні лампи E27ES (20 шт.). Отриманий розподіл освітленості у площині верхівок рослин на відстані 0,7 м від ламп показано в таблиці.

З таблиці видно, що найбільша освітленість спостерігається в обох варіантах під лампами ДРФ-1000. Використання світловідбиваючих екранів призвело до значного зростання освітленості у площині верхівок рослин (для ламп ДРФ-1000 на 56,5%, для ДРЛФ-400 — на 41,3% і для ламп E27ES — на 89,9%). Слід також відзначити, що у варіантах досліду із світловідбиваючими екранами для всіх типів ламп було досягнуто кращого розподілу світлового потоку у площині верхівок рослин (від 15,5% для ламп ДРЛФ-400 до 50,7% для E27ES).

Енергоефективність різних джерел світлового опромінення при вирощуванні ячменю в умовах штучного клімату оцінювалась за витратами електроенергії на одиницю маси отриманого зерна з рослини. Дані з урожайності отримані в лабораторії селекції ячменю МІП. Витрати електроенергії на одиницю отриманої продукції з рослини озимого ячменю становили 236 кВт·год/г для ДРФ-1000, 358 кВт·год/г —

Таблиця. Освітленість та рівномірність її розподілу у горизонтальній площині під різними типами ламп

Типи ламп	Без використання екрану		З використанням екрану	
	Е, клк	V, %	Е, клк	V, %
ДРФ-1000	$3,80 \pm 0,31$	24,37	$5,95 \pm 0,38$	19,20
ДРЛФ-400	$2,18 \pm 0,23$	32,20	$3,08 \pm 0,28$	27,22
E27ES	$1,99 \pm 0,1$	15,38	$3,78 \pm 0,99$	7,58

для ДРЛФ-400 і 560 кВт·год/г — для E27ES. Для ярого ячменю вони були рівними 518, 983 і 516 кВт·год/г для ламп ДРФ-1000, ДРЛФ-400 і E27ES, відповідно. Тим самим були підтверджені висновки попередніх досліджень про те, що найбільш ефективним джерелом світлового опромінення при вирощуванні озимого ячменю в умовах штучного клімату серед тих, що вивчались, є лампа ДРФ-1000 з наповненням йодидом натрію, талію і літію. Враховуючи фенологію, зовнішній вигляд, скоростиглість рослин ярого ячменю слід, з нашої точки зору, також віддати перевагу дуговим ртутним лампам високого тиску типу ДРФ-1000.

Рослинний організм, як саморегулююча система, пристосований до вегетації і розвитку в природних умовах. А в природних умовах найчастіше зустрічається змінний характер освітленості. Система освітлення оранжерей і теплиць може бути змінена за рахунок використання установок освітлення, моделюючих природне освітлення літнього дня із змінною хмарністю. Відзначено, що саме таке освітлення є найбільш оптимальним для рослин [1], тому що їхньому фотосинтетичному апарату не доводиться працювати в режимі постійного насичення інтенсивності фотосинтезу при високих рівнях освітленості.

Нами розроблена установка змінного освітлення, яка дає змогу

отримувати освітленість, що змінюється у часі і площині верхівок рослин. Схема установки приведена на рис. 2. Зміна освітленості у певному

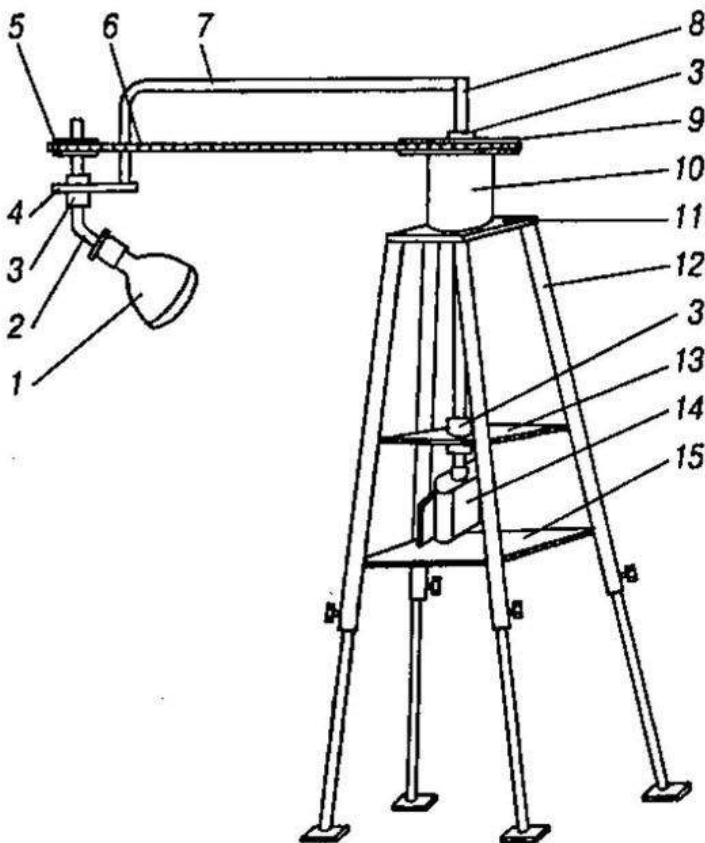


Рис. 2. Схема установки змінного опромінення: 1 — лампа; 2 — тримач лампи; 3 — корпус підшипника кочення; 4 — пластина кріплення тримача лампи; 5 — рухома зірочка ланцюгової передачі; 6 — ланцюг; 7 — штанга; 8 — поворотна стійка; 9 — нерухома зірочка ланцюгової передачі; 10 — циліндр нерухомої зірочки; 11 — пластина кріплення циліндра нерухомої зірочки; 12 — телескопічна нога; 13 — пластина кріплення направляючого підшипника; 14 — виконавчий механізм ПР-1М; 15 — пластина кріплення

діапазоні досягається за рахунок руху лампи 1 по двох колах. Реверсивний рух лампи по великому і малому колах забезпечується застосуванням групового електроприводу з двома передавальними пристроями. Рух лампи по великому колу забезпечується електродвигунним виконавчим механізмом 14 типу ПР-1М через поворотну стійку 8 і штангу 7 довжиною 1 м. Рух по малому колу здійснюється електродвигунним виконавчим механізмом 14, через нерухому зірочку 9, ланцюгову передачу 6, рухому зірочку 5, пластину тримача лампи 4 шляхом передачі обертового моменту на тримач лампи 2. Ланцюг 6 з'єднує нерухому (9) і рухому (5) зірочки ланцюгової передачі і забезпечує обертання тримача лампи 2. Останній виготовлений у вигляді стержня, зігнутого під кутом 120° , що дає можливість змінювати освітленість у площині малого кола. На нижній частині стержня тримача лампи закріплена лампа 1 типу ДРФ-1000.

Лампа здійснює зворотно-поступальний рух по великому колу за 90 с в одному напрямку. За цей час лампа здійснює два оберти по малому колу. Реверс руху лампи настає при проходженні нею кутової відстані 300° .

Дана установка дає можливість отримувати змінну освітленість у часі і площині верхівок рослин у діапазоні 0,2–6,3 клк, що дозволяє, при вирощуванні рослини в умовах штучного клімату, використовувати одну лампу замість, щонайменше, двох ламп.

Таким чином, використання джерел світлового опромінення з найбільш сприятливим для культивованих рослин спектром випромінювання, застосування світловідбиваючих екранів та установок, моделюючих змінну освітленість в сонячний день з перемінною хмарністю дозволяє суттєво підвищити енергоефективність джерел оптичного випромінювання в рослинництві закритого ґрунту.

Вимірювання освітленості установки проводили на горизонтальній поверхні, яка розміщена на відстані 0,8 м від поверхні лампи, в точці, протилежній мертвій зоні. Фактичний і теоретичний характер зміни освітленості в часі приведено на графіку (рис. 3). Як видно з графіка, зміна освітленості в точці, протилежній мертвій зоні, на горизонтальній поверхні, носить синусоїдальний характер.

Математична модель установки для визначення розрахункового (теоретичного) значення освітленості в цій точці матиме вигляд

$$E_{\text{розрах.}} = \frac{\sum_{t=0}^{t=t_i} E_i}{n} \left\{ 1 + \sin \left[\frac{(vt - \varphi_0)\pi}{180} \right] \right\},$$

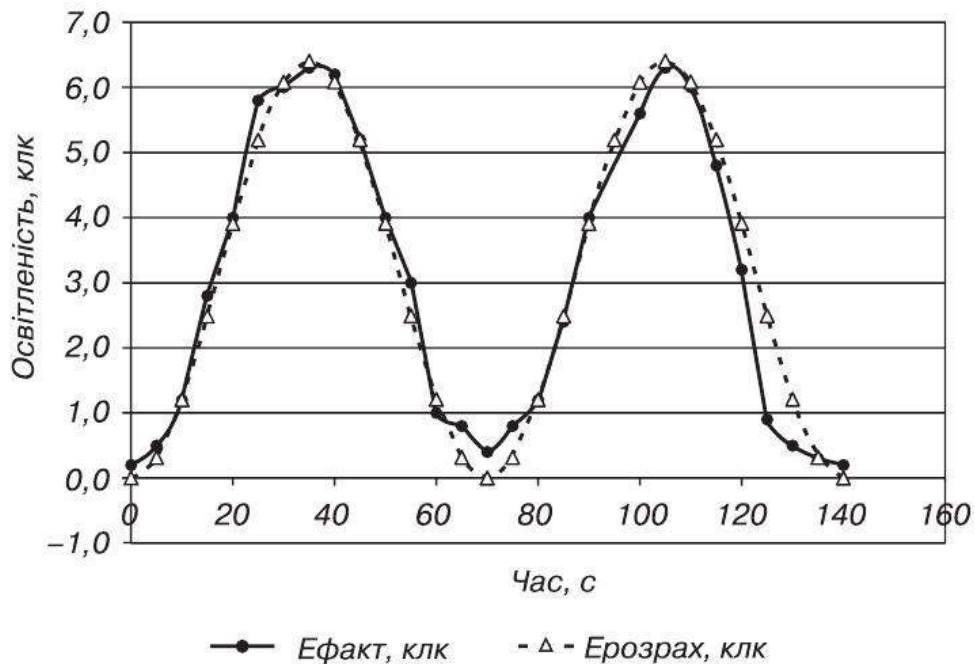


Рис. 3. Освітленість фактична і розрахункова в точці, проти-лежній мертвій зоні

де E_i — освітленість у точці вимірювання у моменти часу від $t=0$ до $t=t_i$; n — число вимірювань; ν — кутова швидкість переміщення лампи в горизонтальній площині (град/с); t — момент часу, в який проводилось вимірювання освітленості; φ_0 — початкова фаза розміщення лампи у момент часу $t=0$ с.

Висновки.

1. Багаторічні дослідження впливу спектра опромінення різних типів ламп на ріст і розвиток рослин дали можливість рекомендувати для вирощування зернових колосових культур в умовах штучного клімату дугові ртутні лампи ДРФ-1000 з наповненням йодидами Na, Tl, Li.

2. Використання світловідбиваючих екранів підвищує енергоефективність опромінювальних установок у понад 1,5 рази.

3. Використання в рослинництві закритого ґрунту установок змінного опромінення підвищує енергоефективність систем освітлення у 1,5–2 рази.

4. Отримана емпірична математична модель дає можливість визначити рівень освітленості у точці на горизонтальній поверхні у будь-який момент часу роботи установки змінного опромінення.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Лархер В. Экология растений. — М.: Мир, 1978. — 384 с.

2. *Ничипорович А.А.* Физиология фотосинтеза. — М.: Наука, 1982. — 320 с.
3. *Леман В.М.* Курс светокультуры растений. — М.: Высшая школа, 1976. — 272 с.
4. *Вассинг Е.* Изучение роста растений в условиях регулируемой внешней среды // Регулирование внешней среды растений. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. — С. 58–83.
5. *Шалин Ю.П., Дубовой В.И., Шалин А.Ю., Ковальшин Б.М., Гиптенко В.И.* Ускоренное размножение пшеницы в условиях искусственного климата (методические рекомендации). — М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1985. — 44 с.
6. *Шалин Ю.П., Дубовой В.И., Шалин А.Ю.* Влияние интенсивности светового потока в период яровизации на продуктивность озимой пшеницы в условиях искусственного климата // Селекция и особенности агротехники пшеницы: Сб. научн. тр. Мироновского НИИ сел. и семен. пшен. — 1983. — Вып. 8. — С. 96–99.
7. *Андрійчук В.А., Воркун С.В.* Патент України № 36563. Установка змінного опромінення рослин. Опубл. 17.03.2001. Бюл. № 3.
8. *Андрійчук В.А., Воркун С.В.* Патент України № 43158. Опромінююча установка із змінним кутом нахилу опромінювача. Опубл. 23.10.2001. Бюл. № 10.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ

Рассмотрены возможные пути повышения энергоэффективности облучательных установок в растениеводстве закрытых агроэкосистем. Обосновано использование, как наиболее эффективных, дуговых ртутных ламп ДРФ-1000; светоотражающих экранов; установок, моделирующих солнечный день с переменной облачностью; приведена математическая модель установки переменной облученности.

RAISING ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING EQUIPMENTS AT THE PLANT GROWING OF CLOSED SOIL

Ways of rise of energy efficiency of lighting equipments at the plant growing of closed soil are considered. The use of arc mercury lamps ДРФ-1000; light-reflecting screens; equipments modeling a light irradiation in sunny day with variable cloudiness is grounded; the mathematical model of equipment for variable irradiation is resulted.