

УДК 621.384

Н.В. ТИТОВА, М.В. БАЧИНСЬКИЙ, Л.Г. КОВАЛЬ, О.С. КОЗОРИЗ
Вінницький національний технічний університет**ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ І
БАЗОВИХ РЕЖИМІВ ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ РИБОРОЗВОДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

В роботі було проведено дослідження випромінювання для опромінення ікри, личинок та молодняка риб. Обрано його оптимальні параметри, а саме потужність; яскравість; дозу опромінення; час експозиції; рівномірність опромінення поверхні; площу опромінення. Досліджено вплив переходів від освітлення до темряви і навпаки; зміну яскравості і кольорової мозаїки; переходи тільки до одного із кольорів.

Ключові слова: світлодіоди, інкубаційний процес, процес вирощування риб, випромінювання.

N.V. TITOVA, M.V. BACHINSKIY, L.G. KOVAL, O.S. KOZORIZ
Vinnytsia National Technical University**JUSTIFICATION LED EMITTERS AND BASIC MODE FISH FARMING OF RADIATION TECHNOLOGIES**

The study was conducted radiation exposure for eggs, larvae and young fish. Optimum output settings: power; brightness; dose; exposure; uniform irradiation surface; area exposure. The effect of transitions from light to dark and vice versa; change brightness and color mosaics; transitions only one of colours. Microcontroller will add various control functions through the use of embedded USART. A possibility of using virtually any communications device with RS-232 interface individually control the intensity of red, green and blue crystals by changing the filling factor of PWM signals.

Keywords: LED, the incubation process, the process of growing fish radiation.

Вступ

Результати досліджень багатьох авторів (Анімов Н. А., 1994; Ручин А. Б., 2008; Петрушин А. Б., 2011 та інших) свідчать про те, що освітленість є потужним стимулятором розвитку багатьох видів риб (короп, щука, осетер, білий амур тощо). Більше того, в цих же дослідженнях доведено, що практично для кожного виду риб існує свій, індивідуальний або оптимальний діапазон освітлення, при якому функціональний статус біоорганізму має позитивну динаміку. Відомо, що світло впливає на центральну нервову систему (ЦНС) біоорганізму через зоровий аналізатор – око, а вже після цього ЦНС здійснює свій вплив на функцію гіпофізу, який в свою чергу, впливає на функцію статевих залоз [1]. Наведений механізм і є підтвердженням того, що статева періодичність риб регулюється, з одного боку, зовнішнім фактором – світлом, а з другого, внутрішнім – дією гіпофізу, який виконує функцію «Трансформатора» світла [1]. Зрозуміло, що ефективність зазначеного процедури буде залежати від джерела світла, його власних параметрів, умов і режиму опромінення, стану водного середовища, глибини опромінення тощо. Найбільш ефективним є змінний режим опромінення, при якому чергуються періоди освітленості і темноти на протязі доби. Одним із найбільш часто використовуваних режимів опромінення є такий, при якому на протязі доби світло вмикається одномоментно в 6⁰⁰, 8⁰⁰ або 10⁰⁰ і вимикається в 22⁰⁰, 20⁰⁰ або 18⁰⁰ (таким чином здійснювалася імітація 16, 12 або 8 годинного світлового дня). Джерелом світла слугувала люмінесцентна лампа марки ЛБ на відстані 50 см від поверхні води. Нами було запропоновано змінити режими освітлення, точніше, не самі режими, а характер переходу від світла до темноти і навпаки, з дискретного, одномоментного на послідовний, з плавним переходом від одного режиму до іншого. Причиною такої зміни стала гіпотеза, яка була висловлена одним із наших дослідників, що дискретний, різкий перехід від світла до темноти і навпаки, викликає у риб стрес, який веде до різних негативних наслідків в розвитку личинок риб. Було поставлено експеримент із використанням апарата Вейса на личинках коропа, білого амура і товстолоба, який повністю підтвердив висловлену гіпотезу. Якщо, за даними [1] при освітленості в 1000 лк і дискретному режимі опромінення середня маса личинок товстолоба становила 14,93 ± 0,94 мг, а довжина – 11,59 ± 0,24 мм при виживаємості 90,8%, то за нашими, експериментальними даними, середня маса молоді товстолобика дорівнює 16,12 ± 1 мг, довжина – 11,95 ± 0,31 мм, а виживаємість зросла до 94,35% [2].

Опосередковано це підтверджено і авторами роботи [3], які показали, що найбільший приріст молоді осетра було отримано при змінах добової освітленості від 200лк до 1000лк. Доведено також, що режим освітленості впливає на інтенсивність вживання корму, коли при цілодобовій освітленості молодь коропа споживала його найбільш активно з 4⁰⁰ до 7⁰⁰ годин ранку і з 17⁰⁰ до 19⁰⁰ ввечері (близько 65% добової норми). Також є відомості, що при вирощуванні коропа в басейнах з замкнутим циклом водопостачання встановлено такий оптимальний режим освітлення: передування на протязі доби 20-годинного періоду освітлення водної поверхні з 4-годинною перервою в нічний час [1].

Результати

При вирощуванні молоді в акваріумах з використанням люмінесцентних ламп марки ЛБ, які були розміщені на відстані 50 см від поверхні води, і режими освітлення (світло включалося одномоментно в 6⁰⁰, 8⁰⁰ або 10⁰⁰ годин ранку і відключалося в 22⁰⁰, 20⁰⁰ або 18⁰⁰, що імітувало 16, 12 або 8 годинний світловий день) авторами були отримані такі результати [4]:

Таблиця 1

Результати підрощування білого товстолобика при різній освітленості

Цілодобова освітленість, лк	Середня маса молоді, мг	Довжина молоді, мм	Вживаемість, %
100	13,48 ± 1,12	11,54 ± 0,55	91,0
300	13,60 ± 0,78	11,60 ± 0,36	89,5
600	12,79 ± 0,62	11,34 ± 0,22	87,3
1000	14,93 ± 0,94	11,59 ± 0,24	90,8
темрява	9,48 ± 1,31	10,69 ± 0,3	32,5
Періодично 100 лк по 12 годин на добу	10,07 ± 1,27	10,96 ± 0,27	37,8

Нами були проведені аналогічні дослідження для молоді коропа, карася срібного і білого амура, результати яких для режиму цілодобової освітленості при тих же параметрах, що і для товстолоба, показали високий ступінь кореляції (розходження від 3,8% до 6,4%). В той же час, для режиму темряви такий параметр, як швидкість росту (середня маса і довжина) було отримано такі дані.

Швидкість росту зменшилася: для коропа – в 1,89 рази; для карася срібного – в 2,03 рази; для білого амура – в 1,63 рази. Режим 12 годин освітленості в 100 мс на добу – не досліджувався.

Враховуючи, що ми маємо справу не з люмінесцентними лампами, а надяскравими RGB світлодіодами, має сенс оцінити вплив спектральних складових, їх випромінювання на личинки товстолоба і коропа.

При цьому на RGB світлодіоди було подано стандартну напругу: червоний – 1,6÷2,1 В; зелений – 3,1 В; блакитний (синій) – 3,1÷3,45 В; жовтий – 2,0 В. Подібне дослідження, з тим же самим матеріалом (личинки товстолоба і коропа), ми провели замінивши дискретні RGB-світлодіоди на світлодіодну стрічку з параметрами: кількість світлодіодів на метр – 60; яскравість – 800 лм; потужність – 12 Вт; напруга живлення – 12 В. Блок управління було розроблено на базі мікроконтролера Atmega 8. Стрічка герметична в силіконовій оболонці.

Отримані результати (таблиця 2) ясно свідчать про правильність підходу до вибору випромінювачів, оскільки тільки використовуючи світлодіодну стрічку, можна досягти рівномірності освітлення водної поверхні в межах 96%, що позитивно впливає на показники росту личинок.

Таблиця 2

Залежність параметрів молоді товстолобика від типу освітлення

Спектральні складові світла		Середня маса молодняка, мг	Довжина личинок, мм	Вживаемість, %
білий	RGB-світлодіод	14,32±1,3	14,96±1,2	94,7
	RGBW- стрічка	14,96±1,2	12,92±0,45	98,6
червоний	RGB-світлодіод	13,21±2,9	12,04±0,56	60,3
	RGBW- стрічка	13,9±1,8	12,48±0,41	64,1
жовтий	RGB-світлодіод	13,41±1,52	12,23±0,38	61,9
	RGBW- стрічка	14,02±1,41	12,89±0,36	65,3
зелений	RGB-світлодіод	15,62±1,56	12,42±0,46	89,4
	RGBW- стрічка	15,99±1,72	12,88±0,31	92,1
синій	RGB-світлодіод	14,88±1,74	12,75±0,45	88,9
	RGBW- стрічка	15,36±1,82	13,11±0,48	91,6

Для підвищення ефективності всього інкубаційного процесу, і процесу опромінення, в. т. ч., необхідно забезпечити необхідний температурний режим і режим насичення води киснем. Практично завжди, ікру доставляють в інкубаційний цех в спеціальних контейнерах.

При розробці світлодіодних терапевтичних апаратів основною проблемою є вибір виду світлодіода для отримання найбільшого терапевтичного ефекту. Можна виділити кілька видів випромінюючих світлодіодів: блимаючі світлодіоди, що містять інтегрований кругообіг мультівібратора всередині, який змушує світлодіод спалахувати з типовим періодом в одну секунду; кольорові миготливі світлодіоди, що складаються з двох працюючих назустріч світлодіодів (електричний струм в одному напрямку виробляє один колір, струм в протилежному напрямку виробляє інший колір); триколірні світлодіоди (два світлодіода в одному, що мають загальний анод або катод). У свою чергу серед триколірних виділяють RGB-світлодіоди, які містять червоний, зелений і синій емітенти. При відповідному управлінні RGB-світлодіодом біологічний об'єкт можна опромінювати як червоним, зеленим, синім променями, що володіють найбільш вираженими біотропними властивостями, так і, при необхідності, променями кількох кольорів, використовуючи їх змішування [9].

При змішуванні одночасно RGB кольорів, ми отримуємо білий колір: змішуючи синій (B) і червоний (R) – отримуємо пурпурний (M magenta), а зелений (G) і червоний (R) – жовтий (Y yellow). Змішування зеленого (G) і синього (B) дає ціановий відтінок (C cyan). При цьому можна отримати любую

кольорову гамму, кольоровий відтінок якої буде залежати: а) від комбінації ввімкнених світлодіодів; б) режимів керування, що визначають середню яскравість кожного із світлодіодів; в) конфігурації розміщення [9].

Режим роботи світлодіодів визначається прямокутними послідовностями, які формуються генераторами і впливають на величину середнього струму світлодіода, його середню яскравість і частоту світіння, яке в сучасних моделях складає не менше 100 Гц. Керування режимом може здійснюватися в ручному і автоматичному режимах, однак і так, і так буде використана широко-імпульсна модуляція (ШІМ) і мікроконтролери типу ATtiny2313, Atmega8, SONIX. На рис. 1 показана залежність яскравості світіння любого із RGB кольорів у визначений момент часу [8].

Ще один варіант підключення мікроконтролера в ручному режимі і діаграми його роботи показані на рис. 2 (а, б) [9]. При такому ввімкненні колір RGB-світлодіода регулюється одним потенціометром, забезпечуючи режим «круговий цикл зміни кольору», а подаючи на вхід «керування» ШІМ сигнал регулюється яскравість всіх трьох каналів RGB-світлодіода [9].

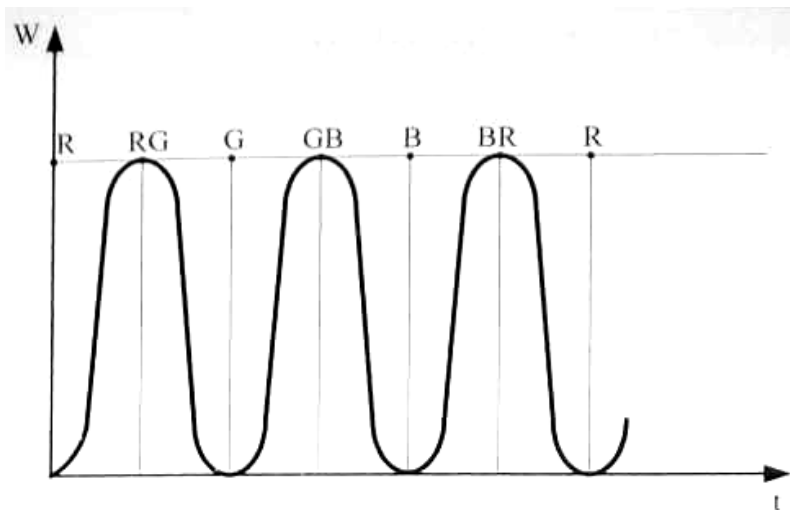


Рис. 1. Зміни яскравості світіння в RGB-світлодіодах [8]

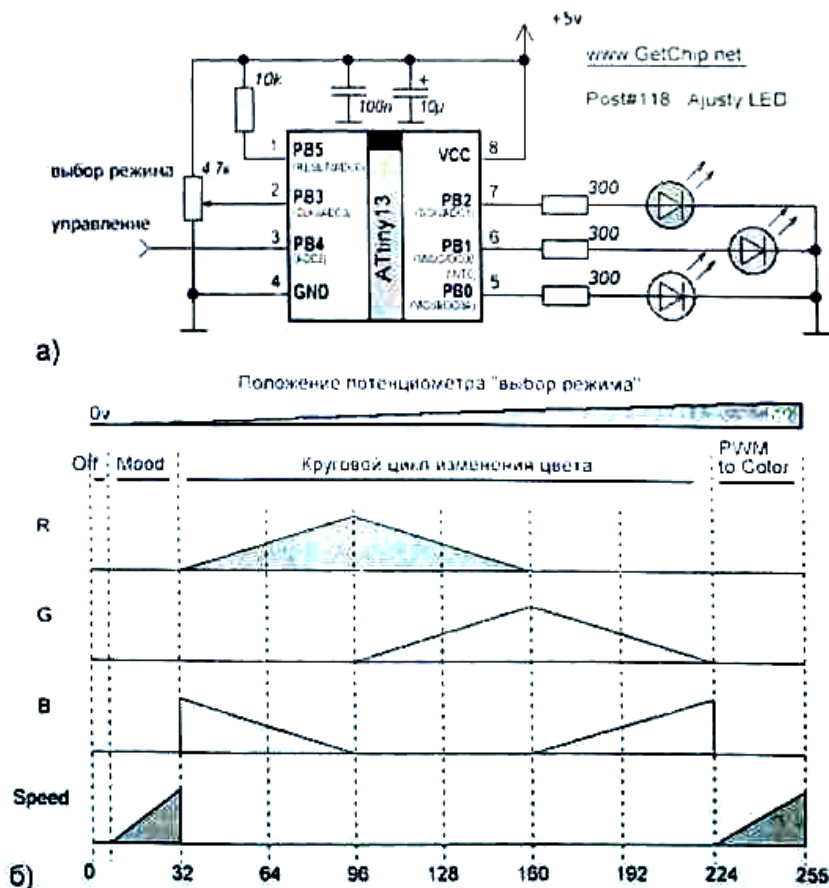


Рис. 2. Ручне керування RGB-світлодіодом [9]

Проте кращим, у зв'язку з низкою причин, виявився автоматичний режим, який, як уже відзначалося, буде формувати, ШІМ сигнали на виводах кожного драйвера (рис. 3) [6].

Підключення мікроконтролера дозволить додати різні функції управління за рахунок використання вбудованого USART. З'явиться можливість за допомогою практично будь-якого пристрою з комунікаційним інтерфейсом RS-232 індивідуально управляти інтенсивністю червоного, зеленого і синього кристалів шляхом зміни коефіцієнтів заповнення сигналів ШІМ [6].

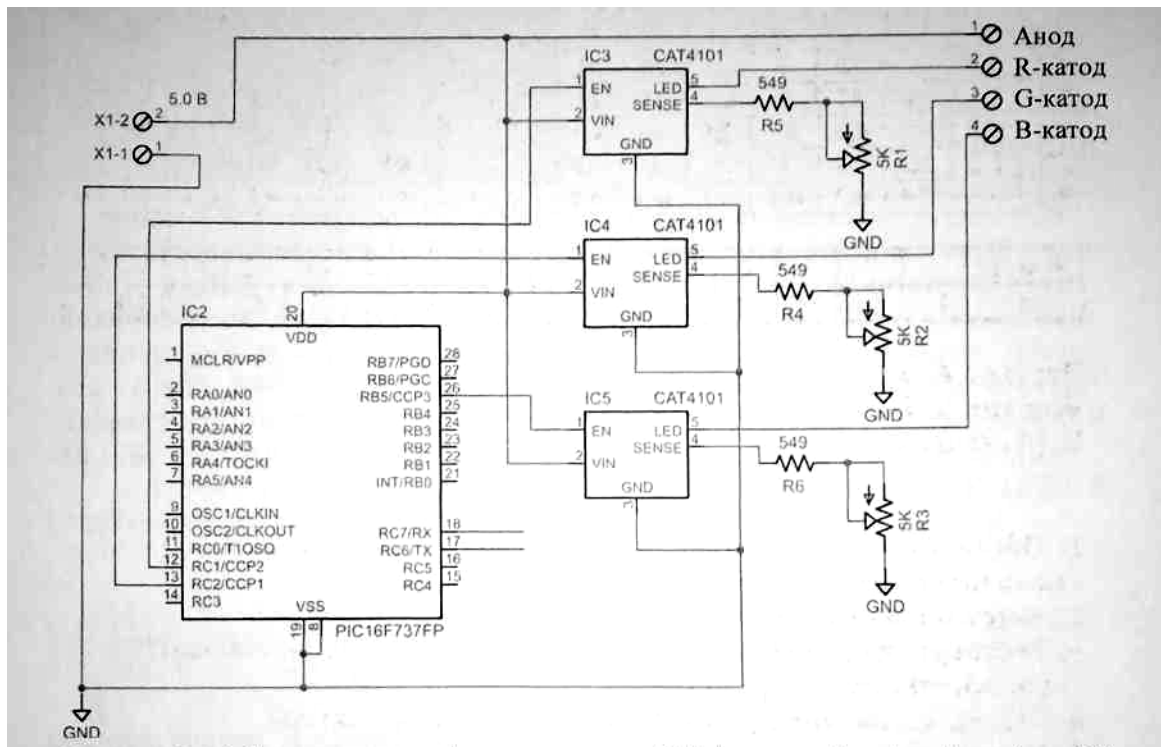
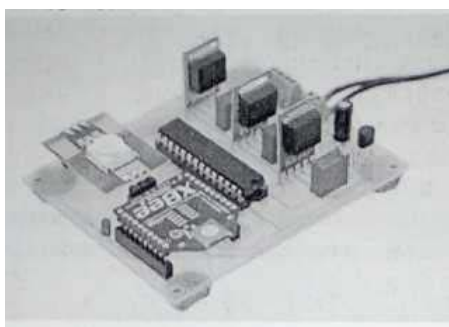


Рис. 3. Мікроконтролер формувє сигнали ШІМ для драйверів світлодіода [6]

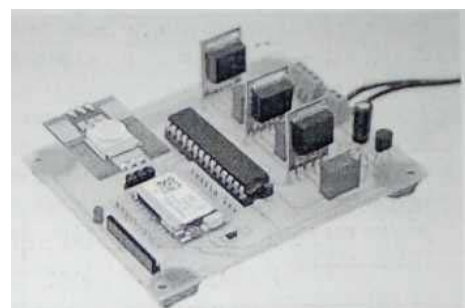
Для ефективного управління по інтерфейсу RS-232 необхідно, перш за все, встановити такий струм для кожного RGB кристала, щоб отримати результуючий білий колір світіння. З цією метою входи Enable драйверів слід підключити до високого рівня, ніж буде поставлено коефіцієнт заповнення 100%, і вручну підлаштувати струми через кристали за допомогою потенціометрів [6].

Струми кристалів повинні бути встановлені на максимальні необхідні додатком рівні (до 1 А), при яких ще можливо отримати в достатній мірі чистий білий колір світіння. Після того, як струми виставлені, управління коефіцієнтами заповнення на виходах ШІМ мікроконтролера буде викликати відносну зміну світлового потоку кожного кристала, результатом чого стане формування необхідного кольору [6].

Команди управління коефіцієнтом заповнення ШІМ приймаються модулем UART мікроконтролера від пристрою з інтерфейсом RS-232. Такими пристроями можуть бути послідовний порт персонального комп'ютера, конвертер USB-RS-232 (віртуальний COM-порт) або бездротовий модуль, який використовує протоколи ZigBee або Bluetooth, (рисунок 4, а, б) [6].



а)



б)

а) керування встановленим на платі RGB світлодіодом за допомогою ZigBee модуля;
б) керування встановленим на платі RGB світлодіодом за допомогою Bluetooth модуля.
Рис. 4. Бездротові модулі з протоколом ZigBee (а) і Bluetooth (б) [6]

Зміна кольору забезпечується мікроконтролером, який кожному із RGB кольорів може встановити 256 рівнів яскравості, що дозволяє отримати 16777216 відтінків, тобто створити практично будь-який кольоровий фон для ікри.

Останнім часом активний розвиток отримали світлодіодна RGB і RGBW стрічки на основі надяскравих світлодіодів (рис. 5) [6].



Рис. 5. Чотириколірна RGBW стрічка [5]

Стандартна кількість світлодіодів – це 30 led або 60 led на 1 м, рідко зустрічаються на 72 led/м. У табл. 3 показано сумарна яскравість і потужність всіх кольорів одночасно на SMD 5050 на 1 м. Стрічки на 12 V.

Таблиця 3

Параметри різних типів світлодіодних стрічок

Світлодіодів на метр	Яскравість, Лм.	Потужність, Вт
15	200	3
30	400	6
60	800	12
72	940	14,4
120	1600	24

Продається світлодіодна RGB стрічка в рулонах на катушках (рис. 6). У продажу зустрічаються екземпляри по 60 і по 30 світлодіодів на метр, тобто світлодіоди щільніше або рідше розташовані на стрічці. Беремо 60 світлодіодів на метр. Стрічка герметична, тобто знаходиться в силіконовій оболонці. З силіконом конструктивно набагато надійніше [7].

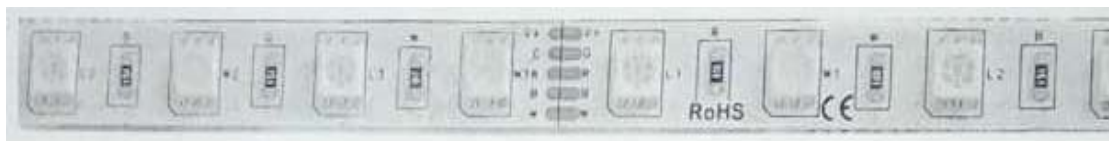


Рис. 6. Відрізок світлодіодної стрічки в силіконовій оболонці [7]

Стрічка має маркери місць розрізу і контактних площадок (+12 V, G, R, B). Може розрізатися на шматочки по три світлодіода. Квадратні світло діоди під силіконом мають по 6 виводів, три – з однієї і три – з протилежної сторони. Візуально під загальною лінзою знаходяться три кристали.

Дана стрічка комплектується блоком керування і пультом дистанційного керування. Блок керування зібраний на мікроконтролері SONIX типу SN8P2501B і мікросхемі пам'яті 24C02C [7].



Рис. 7. Зовнішній вигляд блока керування [5]

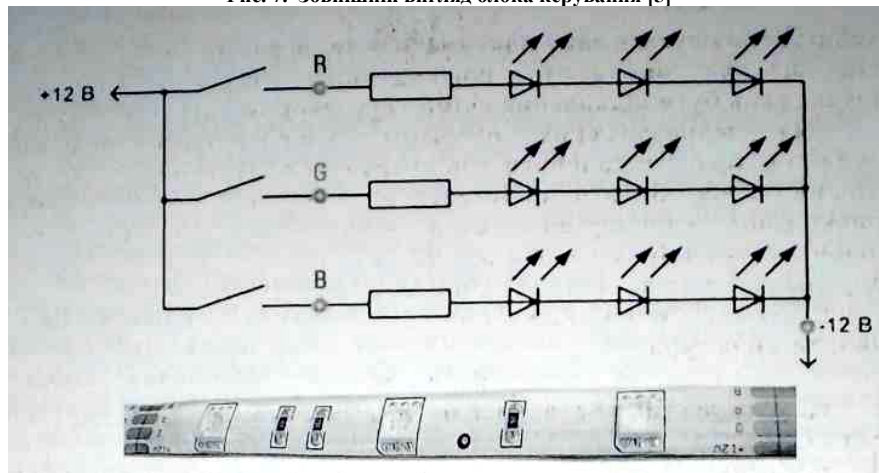


Рис. 8. Електрична схема одного сегмента із 3 штук [5]

Триколірний RGB світлодіод SMD 5050 складається з 3 діодів SMD 3528, розміщених в одному корпусі. Використовується 3 різних кольори R – червоний, G – зелений, B – синій. За допомогою змішування цих 3 кольорів отримуємо будь-які кольори і відтінки.

Візуальною відмінністю звичайної стрічки від RGB буде наявність 3 резисторів на одній відрізній секції та відповідне маркування. У звичайній ставиться тільки один резистор [5].

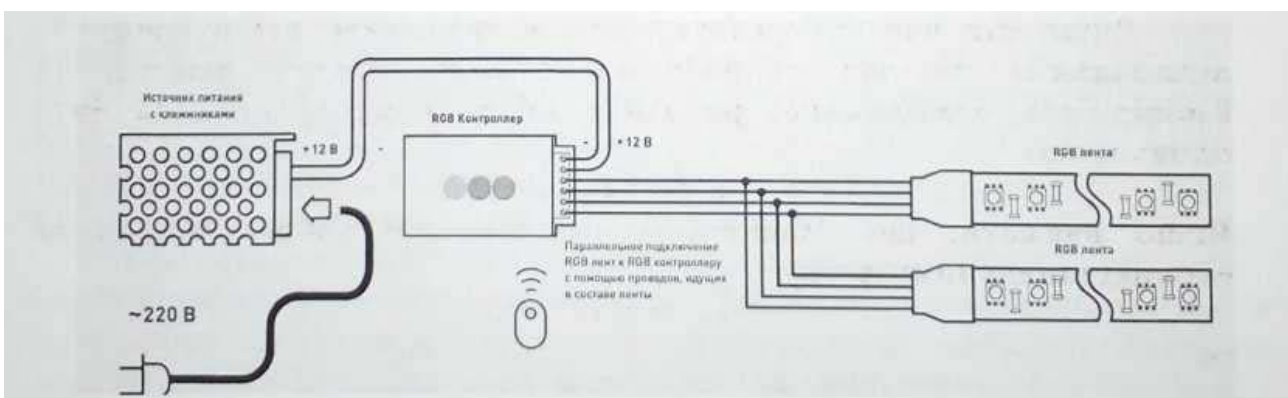


Рис. 9. Паралельне підключення RGB контролера [5]

На блоці керування нанесене маркування, а дроти мають відповідний колір.

Виберемо контролер для RGB стрічки, блок живлення тощо.

1. **Модель RGB-44** – контролер для RGB стрічки.

Інфрачервоний пульт з 44 кнопками і 3 каналами.

Живлення: 12В, максимальний струм на канал – 2А.

Основні функції: вкл./викл.; установка кольору (20 фіксованих кольорів + 6 таких, що налагоджує користувач).

Регулювання яскравості; режим пауза; 8 динамічних ефектів.

Вартість 150 грн.

2. **Модель RGB-19RF** – контролер для моделі RGB стрічки з керуванням по радіоканалу.

Контролер з радіо пультом; 19 програм; 3 канали.

Живлення: 12 ... 24В, максимальний струм на канал – 4А.

Основні функції: вкл./викл.; установка кольору (20 фіксованих кольорів).

Регулювання яскравості; швидкості.

19 динамічних ефектів; режим паузи.

Вартість 120 грн.

Блоки живлення MEANWELL (Taiwan), IP67, герметичні, гарантія 2 роки, напруга 12В.

LPV-35-12: потужність 35 Вт; максимальний струм – 3,0 А; розмір, мм – 150*40*30, вартість 300 грн.

LPV-35-12: потужність 60 Вт; максимальний струм – 5,0 А; розмір, мм – 165*42*32, вартість 350 грн.

Блоки живлення мають захист від КЗ, перенавантаження, працюють при 100% навантаженні.

Для зручності роботи сформуємо таблицю, що відображає значення питомої потужності та яскравості LED стрічки з різними світлодіодами (табл. 3).

Таблиця 3

Характеристики освітлювальних елементів

Кількість діодів на 1 метр	Діод 2835		Діод 3528		Діод 5050		Подвійна 3528x2		Подвійна 5050x2	
	потужність Вт/м	яскравість Лм/м	потужність Вт/м	яскравість Лм/м	потужність Вт/м	яскравість Лм/м	потужність Вт/м	яскравість Лм/м	потужність Вт/м	яскравість Лм/м
15			1,2	60	3	200				
30	6	600	2,4	120	6	400	2,4	120	6	400
60	12	1200	4,8	240	12	800	4,8	240	12	800
72	14,4	1440	5,8	290	14,4	940				
120			9,6	480	24	1600	9,6	480	24	1600
24			19,2	960						

Використовуючи таблицю виберемо в якості основного випромінювача для апаратів Вейса світлодіодну, вологозахищену, повнокольорову стрічку на світлодіодах SMD 5050 у кількості 60 шт. на 1 м, потужністю 7,2 Вт/м і напругою живлення 12 В. Тип стрічки – ORSS-50-6RGB. В процесі проектування апаратного забезпечення інформаційної технології передбачається також використання і окремих RGB надяскравих світлодіодів з такими технічними характеристиками:

1. 3R5 – надяскравий світлодіод, 5 мм, забезпечує кольори: W (білий), WW (теплий білий), R (червоний), G (зелений), B (синій), Y (жовтий). Напруга живлення – $2,1 \pm 3,4$ В; струм – 20мА; сила світла, mcd – $1600 \div 18000$; кут розсіювання, град – 15, 30, 45.

2. 3R5F – Піранья (superflux) надяскравий світлодіод, кольори: W (білий), WW (теплий білий), R (червоний), G (зелений), B (синій), Y (жовтий). Напруга живлення – $2,1 \pm 3,4$ В; струм – 20 мА; сила світла, mcd – $5000 \div 12000$; кут розсіювання, град – 60.

3. RRB – 3 Вт, потужний на 3-х кристалах світлодіод Red 650 нм + Red 650 нм + Blue 445 нм; U/I= $2,0 \div 3,3$ В/350 мА.

4. RRB – 3 Вт, потужний на 3-х кристалах світлодіод Red 650 нм + Blue 445 нм Blue 445 нм, U/I= $2,0 \div 3,3$ В/350 мА

Зазначені світлодіоди випромінюють довжини хвиль від 760 нм до 400 нм, які відповідають таким кольорам:

Червоний – 700-630 нм;

Помаранчевий – 630-600 нм;

Жовтий – 600-570 нм;

Зелений – 550-520 нм;

Блакитний – 510-480 нм;

Синій – 470-440 нм;

Фіолетовий – 430-400 нм.

Опромінення оборотної води червоним світлом здійснювались в діапазоні 650-680 нм при потужності опромінення 0,05-0,15 Вт/см у вечірні години щодоби на всьому протязі процесів інкубації заплідненої ікри і вирощування молоді риб.

Опромінення заплідненої ікри і вільних ембріонів синім світлом здійснювали в діапазоні 430-460 нм при потужності опромінення 0,10-0,20 Вт/см протягом 15–20 хвилин в ранкові години, щодоби до стадії личинок.

Потужність випромінювання; клас безпеки приладу – II клас; доза опромінення, час експлуатації, рівномірність опромінення.

Висновок

Таким чином, випромінювання, яке планується застосувати для опромінення ікри, личинок та молодняка риб, повинно бути а) немонохроматичним; б) некогерентним; в) дифузним або змішаним; г) характеризуватися такими параметрами: потужність випромінювання; яскравість; доза опромінення; час експозиції; рівномірність опромінення поверхні; площа опромінення.

Переходи від освітлення до темряви і навпаки; зміна яскравості і кольорової мозаїки; переходи тільки до одного із кольорів будуть здійснюватися плавно, без різких змін освітленості.

Література

1. Власов В.А. Влияние света на рост и развитие рыб / В.А. Власов, Н.И. Маслова, С.В. Пономарев, Ю.М. Бокенева / Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 24–34.
2. Титова Н. В. Вплив режимів освітлення на розвиток личинок риб / Н. В. Титова, С. В. Павлов, С. М. Злепко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : матеріали XVI міжнародної науково-технічної конференції. – Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2016. – С. 145.
3. Ручин А. Б. Особенности роста и энергетика карпа (*Cyprinus carpio*) при различной освещенности / А. Б. Ручин / Зоологический журнал. – 2001. – Т. 80, № 2. – С. 433–437.
4. Ручин А. Б. Влияние характеристик света на развитие, рост и физиолого-биохимические показатели рыб и амфибий : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. Б. Ручин. – Саранск, 2008. – 52 с.
5. Казанцев С. Лучшая светодиодная лента RGB на 12V и 220V [Электронный ресурс] / Сергей Казанцев // Светодиодные лампы и ленты. – Режим доступа : <http://led-obzor.ru/luchshava-svetodiiodnava-lenta-rgb-12v-i-220v>.
6. Rhen S. Управление цветовой гаммой мощных RGB светодиодов CAT4101 / Shawn Rhen // Радиолюцман. – 2014. – № 03 (март). – С. 40–43.
7. Носов Т. Многоцветная светодиодная подсветка или RGB-контроллер своими руками [Электронный ресурс] / Тимофей Носов // LabKit. – Режим доступа : <http://labkit.ru/html/autocontrol?id=420>.
8. Трехцветный RGB светодиод и ПИИМ(PWM) на микроконтроллере ATtiny2313 [Электронный ресурс] // AVR Lab: устройства на микроконтроллерах AVR. – Режим доступа : <https://avrlab.com/node/63>.
9. 118-Adjusty_LED – подстраиваемый RGB-светодиод [Электронный ресурс] // GetChip. – 07.07.2015. – Режим доступа : <http://www.getchip.net/posts/! 18-adiusty led-podstraivaemvii-rgb-svetodiiod>.

References

1. Vlasov V.A. Vlyianye sveta na rost y razvytye ryb / V.A. Vlasov, N.Y. Maslova, S.V. Ponomarev, Yu.M. Bokeneva / Vestnyk AHTU. Seryia: Rybnoe khoziaistvo. – 2013. – # 2. – S. 24–34.
2. Tytova N. V. Vplyv rezhymiv osvittlennia na rozvytok lychynok ryb / N. V. Tytova, S. V. Pavlov, S. M. Zlepko // Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh : materialy XVI mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii. – Odesa-Khmelynytskyi : KhNU, 2016. – S. 145.
3. Ruchyn A. B. Osobennosti rosta y enerhetyky karpa (*Cyprinus carpio*) pry razlychnoi osveshchennosti / A. B. Ruchyn / Zoolohycheskyi zhurnal. – 2001. – T. 80, # 2. – S. 433–437.
4. Ruchyn A. B. Vlyianye kharakterystyk sveta na razvytye, rost y fyzyoloho-byokhymycheskye pokazately ryb y amfybyi : avtoref. dys. ... d-ra byol. nauk / A. B. Ruchyn. – Saransk, 2008. – 52 s.
5. Kazantsev S. Luchshaia svetodyodnaia lenta RGB na 12V y 220V [Elektronnyi resurs] / Serhei Kazantsev // Svetodyodne lampy y lenty. – Rezhym dostupa : <http://led-obzor.ru/luchshava-svetodiiodnava-lenta-rgb-12v-i-220v>.
6. Rhen S. Upravlenye tsetvovoi hammoi moshchnykh RGB svetodyodov SAT4101 / Shawn Rhen // Radyolotsman. – 2014. – # 03 (mart). – S. 40–43.
7. Nosov T. Mnohotsvetnaia svetodyodnaia podsvetka yly RGB-kontroller svoymy rukamy [Elektronnyi resurs] / Tymofei Nosov // LabKit. – Rezhym dostupa : <http://labkit.ru/html/autocontrol?id=420>.
8. Trekhtsvetnyi RGB svetodyod y ПИИМ(PWM) na mykrokontrollere ATtiny2313 [Elektronnyi resurs] // AVR Lab: ustroistva na mykrokontrollerakh AVR. – Rezhym dostupa : <https://avrlab.com/node/63>.
9. 118-Adjusty_LED – podstrayvaemyi RGB-svetodyod [Elektronnyi resurs] // GetChip. – 07.07.2015. – Rezhym dostupa : <http://www.getchip.net/posts/! 18-adiusty led-podstraivaemvii-rgb-svetodiiod>.

Рецензія/Peer review : 16.07.2017 р.

Надрукована/Printed : 03.09.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Семак Б.Д.