

12. Rabota kolesnogo dvizhitelya so vstroennym differencialom / YU.F. Kazakov, V.S. Pavlov, V.P. Mazyarov [i dr.] // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 1 (16). – S. 78–85.
13. AVTO-EVRO : [sajt]. – Balashiha, 2021. – URL: https://www.autoopt.ru/catalog/081558-pokryshka_kama_301 (data obrashcheniya: 15.01.2023). – Tekst : elektronnyj.
14. AvtoRus'77 : [sajt]. – URL: <https://avtorus77.ru/magazin/product/avtokamera-r16-na-gazel-3302> (data obrashcheniya: 20.01.2023). – Tekst : elektronnyj.
15. ZHurnal o shinah i diskah dlya vsekh vidov transporta : [sajt]. – URL: <https://kolesa.guru/> (data obrashcheniya: 19.01.2023). – Tekst : elektronnyj.

Information about authors

1. **Batmanov Vladimir Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: bnv.academi-gsxa@yandex.ru, tel. 89003308860;
2. **Kazakov Yury Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: ura.kazakov@mail.ru, tel. 89033596675;
3. **Batmanov Yuri Nikolaevich**, master's student, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: batmanov_yura@mail.ru, tel. 89053414245;
4. **Palkin Stanislav Konstantinovich**, master's student, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: palkin_sk@mail.ru, тел. 89638865386.

УДК 631.33

DOI:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОНОХРОМНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РЕДИСА

Е. Л. Белов, В. В. Белов, С. В. Ларкин
 Чувацкий государственный аграрный университет
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. Отечественное сельское хозяйство, как и другие отрасли, становится приоритетным. Поставлена цель повышения отрасли производства АПК на 3% в год. Для этого необходимо повышение производительности продукции сельского хозяйства с учетом перехода на отечественные средства производства и научные разработки. Территория России огромна, поэтому выращивание растений в разных территориальных зонах существенно отличается. Основная причина – это климатические параметры. С целью возможности выращивания растений независимо от погодно-климатических условий создают тепличные конструкции с регулируемыми параметрами микроклимата. Важным необходимым условием при выращивании растений является необходимость достаточного освещения. Но недостаток солнечного освещения от юга к северу увеличивается. Для того, чтобы устранить недостаток света, используют различные лампы для досвечивания растений. На сегодня все более интенсивно широкое применение находят светодиодные фитосветильники. С целью получения необходимого спектра для фотосинтеза растений в конструкцию светильника добавляют разные по спектру излучения светодиоды. Разные спектры света по-разному используются растениями и неодинаково полезны при фотосинтезе. Авторами была разработана специальная конструкция для экспериментального исследования влияния монохромного спектра светодиодов на рост и развитие растений – многоярусный стеллаж с ячейками со светильниками разного спектра излучения, так, чтобы спектры не смешивались. Эксперимент проводился на редисе. Для освещения применялись светильники со светодиодами синего, красного, зеленого, белого света, и контрольный вариант – под естественным освещением. Исследования, проведенные на редисе, показали, что растения могут расти и развиваться при узком монохромном свете. Однако рост и развитие растений сильно отличается в разных ячейках.

Ключевые слова: спектр, светодиоды, монохромное освещение, досвечивание, выращивание растений, фотосинтез, урожайность, редис.

Введение. Отечественное сельское хозяйство, как и другие отрасли, становится приоритетным. В нашей стране действует Доктрина продовольственной безопасности, существуют программы господдержки. С января 2023 года начал действовать новый федеральный проект «Развитие овощеводства и картофелеводства», как наиболее важный для продовольственной безопасности страны; эту отрасль сельского хозяйства вывели из общей программы. Также, с учетом геополитической ситуации в мире, правительство РФ обновило «Стратегию развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года» [1]. Цель измененной стратегии – устойчивый рост отрасли АПК на 3% в год. Таким образом, необходимо повышение производительности продукции сельского хозяйства с учетом перехода на отечественные средства производства и научные разработки.

Территория России огромна, поэтому выращивание растений в разных территориальных зонах существенно отличается. Причины этого, в первую очередь, климатические составляющие – температура воздуха, продолжительность дня и др. С целью возможности выращивания растений независимо от погодно-климатических условий, создают тепличные конструкции с регулируемыми параметрами микроклимата.

Важным необходимым условием при выращивании растений является необходимость достаточного освещения. Солнце, как источник естественного освещения, является самым лучшим для растений, т.к. оно содержит весь спектр электромагнитных излучений, необходимых для растений. Но недостаток этого освещения от юга к северу увеличивается, особенно во внесезонные периоды года. Для того, чтобы устранить недостаток света, используют различные лампы. В промышленных теплицах в основном используют лампы типа ДНаТ, который по многим характеристикам, особенно по спектру излучения, наиболее оптимально подходит к растениям. Однако, на сегодня все более интенсивно широкое применение находят светодиодные светильники, у которых тоже много положительных сторон [2, 5, 6].

Объект и методика исследований. Светодиод – это полупроводниковый материал, испускающий определённого цвета фотоны, т.е. в узком диапазоне спектра излучения. Если сравнить с традиционными источниками электроосвещения, он имеет свои особенности, которыми не обладают известные лампы освещения. Применяя его, устройства не имеют стекла, вредных веществ и отличаются улучшенными эксплуатационными показателями. В настоящее время все чаще можно увидеть их применение при выращивании растений. С целью получения необходимого спектра для фотосинтеза растений в конструкцию светильника добавляют разные по спектру излучения светодиоды.

Важным фактором для фотосинтеза растений является фотосинтетическая активная радиация (ФАР). При этом не весь спектр естественного света активно влияет на фотосинтез. Согласно рис. 1 по кривой McCree для фотосинтеза, необходим спектр излучения в диапазоне от 400 до 700 нм. Однако, эффективность фотосинтеза при этом разная по цвету излучения.

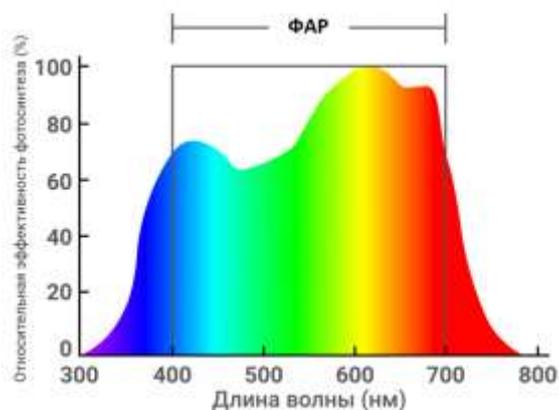


Рис. 1. Усредненная кривая спектра действия фотосинтеза зеленого листа (кривая McCree)

Состав спектра света является самым важным фактором, который следует учесть при проектировании фитосветильников. Популярны натриевые и металл-галогенные лампы, часто применяемые в теплицах, не дают возможность управлять спектром. Современные источники света – светодиоды узкого спектра излучения. Поэтому для получения необходимого спектра в фитосветильнике их комбинируют разного свечения. Это позволяет получить необходимый спектр света, с возможностью циклического включения определенных светодиодов. Это позволяет непосредственно влиять на морфологию растений (фотоморфогенез).

Проанализируем, каким образом отдельные спектры видимого света влияют на процесс роста и развитие растений.

Синий свет (430 ... 450 нм). Исследованиями многих ученых отмечено, что данный спектр сильно влияет на размер и форму куста и листьев, а также длину стебля. Множеством исследований доказана эффективность синего спектра в вегетативной фазе развития растения. Кроме этого усиливаются процессы синтеза белка и хлорофилла, деления и функционирования хлоропластов, что способствует открытию устьиц [7, 10].

Зеленый свет (500 ... 550 нм). Большая часть этого спектра отражается от листьев. Но в тоже время, отраженное от верхних листьев, излучение лучше проникает и способствует более равномерному развитию листьев. Также, управляя интенсивностью этого спектра, можно управлять длительностью и наступлением фаз прорастания и цветения растений [7, 10].

Оранжевый свет (550 ... 610 нм). Данный диапазон спектра по сравнению с другими незначительно используется растениями. Оранжевый спектр дают широко используемые в теплицах натриевые лампы [11].

Красный свет (610 ... 720 нм). Наиболее эффективно стимулирует прорастание семян, способствует их скорейшему развитию. Именно свет данного спектра обеспечивает хороший рост почек, стеблевых листьев, способствует цветению, даёт стимул для вертикального развития ростков [8, 10].

Дальний красный свет (720 ... 1000 нм). Спектр незначительно влияет на растения. Однако, управляя интенсивностью этого спектра, можно повлиять на время наступления и длительность фазы цветения и плодоношения [9].

Результаты исследований и их обсуждение. В лабораторных условиях кафедры механизации электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства Чувашского государственного аграрного университета была разработана специальная конструкция для исследования влияния свечения отдельных (спектров) светодиодов на рост и развитие растений (рис. 2).

Целью эксперимента было изучить влияние монохромного излучения светодиодов на рост и развитие овощных культур. Для этого в качестве исследования был выбран редис, так как сроки произрастания не большие, и отмечается простота выращивания.

Для проведения эксперимента был сделан многоярусный стеллаж, закрытый со всех сторон непрозрачным для света материалом, чтобы другие спектры света не попадали на растения. На каждую полку были установлены светильники из светодиодных лент разного спектра излучения цвета: синий, красный, зеленый и белый. Подробное описание данной конструкции приведено в источниках [3, 4].

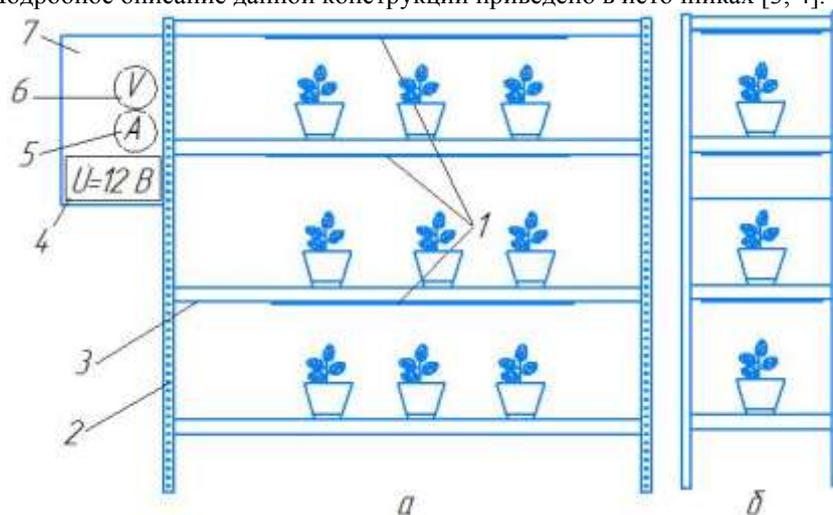


Рис. 2. Многоярусный стеллаж для выращивания растений под разными спектрами излучения светодиодами: (а) вид спереди; (б) сбоку; 1- светодиодные светильники; 2 – каркас; 3 – полки; 4 – источник питания на 12 В; 5 – амперметр; 6 – вольтметр; 7 – шкаф управления.

Надо отметить, «белого» спектра не бывает. Для светильника белого света был выбран светодиод, излучаемый в УФ-диапазоне с люминофором, что дает «белое» излучение. Таким образом, у белых светодиодов довольно сложный линейчатый спектр.

На полках были установлены ящики с грунтом с высаженным редисом. Светодиодные светильники находились на высоте около 30 см. Эксперимент длился 47 дней. Редис был под освещением целые сутки. В контрольном варианте выращивался такой же редис в таком же ящике при естественном освещении. Полив и уход редиса осуществлялся одинаково для всех групп вовремя и качественно.

В конце эксперимента произвели сравнительный анализ редиса по массе ботвы и массе корнеплода. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ редиса по массе ботвы и массе корнеплода

| № п/п | Спектр светодиода | Кол-во растений, шт. | Масса корнеплода, г. | Масса ботвы, г. |
|-------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 | синий | 4 | 60 | 150 |
| 2 | красный | 8 | <10 | 30 |
| 3 | зеленый | 7 | <10 | 70 |
| 4 | «белый» | 5 | 30 | 120 |
| 5 | естественное освещение | 3 | 60 | 90 |

На рис. 3 приведены фотографии редиса, выращенного под синим, «белым», красным, зеленым светодиодом и естественным освещением.



а) светильник с синими светодиодами



б) светильник с «белыми» светодиодами



в) светильник с красными светодиодами



г) светильник с зелеными светодиодами



д) под естественным освещением

Рис. 3. Редис, выращенный в разных спектрах излучения

Выводы. Для проведения эксперимента использовались такие спектры, как синий, красный, зеленый и «белый». Исследования, проведенные в вышеописанной конструкции, показали, что растения (редис) могут расти и развиваться в узком (монокромном) спектре. Однако при этом они полноценного развития не получают.

В результате визуальной оценки растений, выращенных под светодиодным излучением различного спектрального состава, в ходе эксперимента можно отметить, что разный спектр влияет не одинаково на вегетационный период редиса.

Растения, выращенные под светильником синего спектра (рис. 3а), имеют хорошо развитую листовую часть: по высоте они больше остальных. Однако корнеплоды плохо развились, имеют слишком маленький размер и вес, неудобный даже для употребления. При этом главный и боковые корни имеют хорошее развитие. К концу выращивания листья под синим спектром начали засыхать.

Под красным и зеленым спектром растения (рис. 3в, 3г) выросли слабыми и без видимого корнеплода. При этом они имеют длинный главный корень со слабыми боковыми корнями. Листья под зеленым спектром большего размера по сравнению с листьями под красным.

Однако растения, выращенные под светильниками красного и зеленого спектров, отличаются между собой, они разные по длине и массе листьев. По отношению к синему спектру редис, выращенный под красным и зеленым, имеет более развитую корневую систему в глубину.

Редис, выращенный под «белым» спектром (рис. 3б), имеет хорошо развитую листву. Однако, корнеплоды имеют совершенно разные формы и размеры – есть хорошо сформировавшиеся, и есть недоразвитые. Такой результат, возможно, получился из-за неравномерности высева растений. Как было отмечено выше, «белый» спектр в данном случае состоит из множества спектров, поэтому развитие растений достаточно хорошее по сравнению с монокромными. Но нужно заметить, что она все-таки уступает растению, выращенному под естественным освещением (рис. 3д).

Таким образом, только монокромное освещение не дает растению полного развития, однако подбирая тот или иной спектр для досвечивания, можно корректировать рост и развитие растения.

Литература

1. Об утверждении Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года : распоряжения Правительства Российской Федерации от 8 сентября 2022 года №2567-р. . – Текст : электронный // КонсультантПлюс : официальный сайт компании «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426435/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 12.02.23.).
2. Галиуллин, Р. Р. Эффективность использования светодиодных светильников в тепличных хозяйствах / Р. Р. Галиуллин, И. И. Каримов // Электротехнические и информационные комплексы и системы. - 2016. - №1. – С. 34-39.
3. Имамов, И. Р. Многоярусное тепличное устройство для личных подсобных хозяйств / И. Р. Имамов // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции, Кинель, 11 декабря 2020 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2021. – С. 74-77.
4. Имамов, И. Р. Экспериментальное многоуровневое тепличное устройство / И. Р. Имамов, В. В. Белов, Е. Л. Белов // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов. В 2-х частях, Чебоксары, 05–06 марта 2020 года. Том Часть 2. – Чебоксары : Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 93-96.
5. Кондратьева, Н. П. Возможность использования светодиодных RGB-технологий в тепличных комплексах / Н. П. Кондратьева, Р. А. Валеев // Аграрная наука - инновационному развитию АПК в современных условиях : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 12–15 февраля 2013 года / ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Том 2. – Ижевск : Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – С. 44-46.
6. Кунгс, Я. А. Перспективы внедрения светодиодного освещения в теплицах / Я. А. Кунгс, И. А. Утренинов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – №3. – С. 53-55.
7. Курьянова, И. В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И. В. Курьянова, С. И. Олонина // Вестник НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 35–44.
8. Ракутько, Е. Н. Методика расчета параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя / Е. Н. Ракутько, С. А. Ракутько, А. Н. Васькин // АгроЭкоИнженерия. – 2019. – №1 (98). – С. 71-82.
9. Эффект от применения светодиодных тепличных облучателей при выращивании культуры огурца в промышленных теплицах / С. И. Олонина, Д. А. Филатов, В. Г. Кисляков, И. Ю. Олонин // Вестник НГИЭИ. – 2020. – №9 (112). – С. 31-40.
10. Эшдаун, Я. Светодиодное освещение для растениеводства / Я. Эшдаун, В. Рентюк // Полупроводниковая светотехника. – 2015. – Т. 4, № 36. – С. 24-29.

11. Study of the pulsation coefficient and its influence on the design solutions of promising lighting systems for greenhouses / N. P. Kondratieva, D. A. Filatov, P. V. Terentiev [et al.] // Перспективы развития аграрных наук: Материалы Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 01–02 июня 2019 года. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. – P. 84-86.

Сведения об авторах

1. **Белов Евгений Леонидович**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: belovevg2008@yandex.ru.

2. **Белов Валерий Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: belovdtn@gmail.com.

3. **Ларкин Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: sv_larkin@mail.ru.

INVESTIGATION OF EFFECT OF MONOCHROME LIGHTING ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF RADISHES

E. L. Belov, V. V. Belov, S. V. Larkin
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. Domestic agriculture, like other industries, is becoming a priority. The goal was set to increase the production of the agro-industrial complex by 3% per year. For this, it is necessary to increase the productivity of agricultural products, taking into account the transition to domestic means of production and scientific developments. The territory of Russia is huge, so the cultivation of plants in different territorial zones is significantly different. The main reason is climatic parameters. In order to be able to grow plants regardless of weather and climatic conditions, greenhouse structures with adjustable microclimate parameters are created. An important prerequisite for growing plants is the need for sufficient lighting. But the lack of sunlight increases from south to north. In order to eliminate the lack of light, various lamps are used to illuminate plants. Today, LED phytolamps are increasingly widely used. In order to obtain the necessary spectrum for plant photosynthesis, LEDs of different emission spectra are added to the lamp design. Different spectra of light are used in different ways by plants and are not equally useful in photosynthesis. The authors developed a special design for the experimental study of the effect of the monochrome spectrum of LEDs on the growth and development of plants - a multi-tiered rack with cells with lamps of different emission spectra, so that the spectra do not mix. The experiment was carried out on radish. Lamps with LEDs of blue, red, green, white light were used for lighting, and the control variant was under natural light. Studies done on radishes have shown that plants can grow and develop in narrow monochrome light. However, the growth and development of plants is very different in different cells.

Key words: spectrum, LEDs, monochrome lighting, supplementary illumination, plant growing, photosynthesis, productivity, radish.

References

1. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya agropromyshlennogo i rybohozyajstvennogo kompleksov Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda : rasporyazheniya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 8 sentyabrya 2022 goda №2567-r. . – Tekst : elektronnyj // Konsul'tantPlyus : oficial'nyj sajt kompanii «Konsul'tantPlyus». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_426435/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (data obrashcheniya: 12.02 23.).

2. Galiullin, R. R. Effektivnost' ispol'zovaniya svetodiodnyh svetil'nikov v teplichnyh hozyajstvah / R. R. Galiullin, I. I. Karimov // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. - 2016. - №1. – S. 34-39.

3. Imamov, I. R. Mnogoyarusnoe teplichnoe ustrojstvo dlya lichnyh podsobnyh hozyajstv / I. R. Imamov // Elektrooborudovanie i elektrotekhnologii v sel'skom hozyajstve: sbornik nauchnyh trudov po materialam VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kinel', 11 dekabrya 2020 goda. – Kinel': Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – S. 74-77.

4. Imamov, I. R. Eksperimental'noe mnogourovnevoe teplichnoe ustrojstvo / I. R. Imamov, V. V. Belov, E. L. Belov // Studencheskaya nauka - pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. V 2-h chastyah, CHEboksary, 05–06 marta 2020 goda. Tom CHast' 2. – CHEboksary : CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2020.

– S. 93-96.

5. Kondrat'eva, N. P. *Vozmozhnost' ispol'zovaniya svetodiodnyh RGB-tekhnologij v teplichnyh kompleksah* / N. P. Kondrat'eva, R. A. Valeev // *Agrarnaya nauka - innovacionnomu razvitiyu APK v sovremennyh usloviyah : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Izhevsk, 12–15 fevralya 2013 goda* / FGBOU VPO Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. Tom 2. – Izhevsk : Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2013. – S. 44-46.

6. Kungs, YA. A. *Perspektivy vnedreniya svetodiodnogo osveshcheniya v teplicah* / YA. A. Kungs, I. A. Ugreninov // *Vestnik KrasGAU*. – 2015. – №3. – S. 53-55.

7. Kur'yanova, I. V. *Ocena vliyaniya razlichnyh spektrov svetodiodnogo svetil'nika na rost i razvitie ovoshchnyh kul'tur* / I. V. Kur'yanova, S. I. Olonina // *Vestnik NGIEI*. – 2017. – № 7 (74). – S. 35–44.

8. Rakut'ko, E. N. *Metodika rascheta parametrov radiacionnoj sredy ot svetodiodnogo fitoobluchatelya* / E. N. Rakut'ko, S. A. Rakut'ko, A. N. Vas'kin // *AgroEkoInzheneriya*. – 2019. – №1 (98). – S. 71-82.

9. *Effekt ot primeneniya svetodiodnyh teplichnyh obluchatelej pri vyrashchivanii kul'tury ogurca v promyshlennyh teplicah* / S. I. Olonina, D. A. Filatov, V. G. Kislyakov, I. YU. Olonin // *Vestnik NGIEI*. – 2020. – №9 (112). – S. 31-40.

10. Eshdaun, YA. *Svetodiodnoe osveshchenie dlya rastenievodstva* / YA. Eshdaun, V. Rentyuk // *Poluprovodnikovaya svetotekhnika*. – 2015. – Т. 4, № 36. – S. 24-29.

11. *Study of the pulsation coefficient and its influence on the design solutions of promising lighting systems for greenhouses* / N. P. Kondratieva, D. A. Filatov, P. V. Terentiev [et al.] // *Perspektivy razvitiya agrarnykh nauk: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, CHEboksary, 01–02 iyunya 2019 goda*. – CHEboksary: CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2019. – P. 84-86.

Information about authors

1. Belov Evgeniy Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: belovevg2008@yandex.ru;

2. Belov Valery Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: belovdtn@gmail.com;

3. Larkin Sergey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: sv_larkin@mail.ru.

УДК631.31

DOI:

ПРОГНОЗ АДАПТИРУЕМОСТИ ПРУЖИННОГО КРОВОТАТЕЛЯ

Ю. Ф. Казаков

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. *Предложено применять растянутый во времени процесс вступления в работу рабочих органов при проведении щелевания с кротованием. При этом создаются условия для повышения коэффициента нагрузки двигателя трактора, с которым агрегируется орудие. Кротователь выполнен в виде конической пружины сложной формы, тяга которого подпружинена. При изменении продольной твердости почвы он вытягивается, диаметры витков уменьшаются, и, как следствие, снижается тяговое сопротивление рабочего органа. После прохождения переуплотненной полосы параметры кротователя восстанавливаются. За счет его продольных и поперечных деформаций возможно отклонение механизма в область пласта, в котором меньше прочности внутрипочвенных связей. Целью исследований является анализ условий, при которых возможна непрерывная адаптация рабочего органа, автоколебательные движения центра масс кротователя. Методом анализа нестационарных процессов, на которые влияют несколько постоянно изменяющихся факторов, получено дифференциальное уравнение движения кротователя. Разработана функциональная схема данного механизма. Входными факторами приняты изменение продольной твердости почвы, жесткости витков, диаметра. Получены передаточные функции влияния конструктивных и технологических факторов на изменение скорости движения кротователя. Для расширения возможностей адаптации предложено использовать регуляторы жесткости, дополнительные рыхлительные элементы на ноже-щелерезе для формирования сети трещин в пахотном слое. На полях с характерной изменчивостью продольной твердости почв комплектование орудия сменными типоразмерами кротователей различной жесткости будет способствовать успешной эксплуатации такого орудия.*