

European Journal of Technical and Natural Sciences

Nº 6 2021

European Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal

№ 6 2021

ISSN 2414-2352

Editor-in-chief Hong Han, China, Doctor of Engineering Sciences

International editorial board

Andronov Vladimir Anatolyevitch, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences
Bestugin Alexander Roaldovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences
S.R. Boselin Prabhu, India, Doctor of Engineering Sciences
Frolova Tatiana Vladimirovna, Ukraine, Doctor of Medicine
Inoyatova Flora Ilyasovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine
Kambur Maria Dmitrievna, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine
Kurdzeka Aliaksandr, Russia, Doctor of Veterinary Medicine
Khentov Viktor Yakovlevich, Russia, Doctor of Chemistry
Kushaliyev Kaiser Zhalitovich, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine
Mambetullaeva Svetlana Mirzamuratovna, Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences
Manasaryan Grigoriy Genriyevich, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Martirosyan Vilen Akopovna, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Miryuk Olga Alexandrovna, Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences
Nagiye Polad Yusif, Azerbaijan, Ph.D. of Agricultural Sciences
Nemikin Alexey Andreevich, Russia, Ph.D. of Agricultural Sciences
Nenko Nataliya Ivanovna, Russia, Doctor of Agricultural Sciences

Ogirko Igor Vasilievich, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences
Platov Sergey Iosifovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences
Rayiha Amenzade, Azerbaijan, Doctor of architecture
Shakhova Irina Aleksandrovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine
Skopin Pavel Igorevich, Russia, Doctor of Medicine
Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan, Ph.D. of Medicine
Tegza Alexandra Alexeevna, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine
Zamazzy Andrey Anatolievich, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine
Zhanadilov Shaizinda, Uzbekistan, Doctor of Medicine

Proofreading

Kristin Theissen

Cover design

Andreas Vogel

Additional design

Stephan Friedman

Editorial office

Premier Publishing s.r.o. Praha 8
– Karlín, Lyčkovo nám. 508/7, PSC 18600

E-mail:

pub@ppublishing.org

Homepage:

ppublishing.org

European Journal of Technical and Natural Sciences is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. It is published bimonthly with circulation of 1000 copies.

The decisive criterion for accepting a manuscript for publication is scientific quality. All research articles published in this journal have undergone a rigorous peer review. Based on initial screening by the editors, each paper is anonymized and reviewed by at least two anonymous referees. Recommending the articles for publishing, the reviewers confirm that in their opinion the submitted article contains important or new scientific results.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

Instructions for authors

Full instructions for manuscript preparation and submission can be found through the Premier Publishing s.r.o. home page at: <http://www.ppublishing.org>

Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o., the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

Included to the open access repositories:



The journal has Index Copernicus Value (ICV) 80.97 for 2018.



© Premier Publishing s.r.o.

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper.

Section 1. Medical Science

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-3-8>

*Shlepotina Elizaveta Andreevna,
Medical Institute Peoples' Friendship
University of Russia, Russia
E-mail: byElza@yandex.ru*

*Khitrova Ekaterina Azefovna,
physical therapy and sports medicine physician,
Russia*

THE IMPACT OF HIPPO THERAPY CLASSES ON A LIVE HORSE AND A RIDING SIMULATOR ON PEOPLE WITH DISABILITIES

Abstract. The purpose of this work is to analyze articles in the direction of "hippotherapy", since quite a lot of knowledge has been accumulated since the formation of hippotherapy as one of the methods of habilitation and rehabilitation. In view of this, it becomes necessary to conduct a systematic review of the scientific literature in order to determine the possibilities of hippotherapy in the field of rehabilitation both on a live horse and on a riding simulator for people with disabilities.

Keywords: hippotherapy, postural balance, cerebral palsy, autism spectrum disorder, static and dynamic balance, cognitive impairment, equine assisted therapy, sensorimotor integration, therapeutic horse riding, horse-riding simulator.

*Шлепотина Елизавета Андреевна,
Медицинский институт РУДН,
Российская Федерация
E-mail: byElza@yandex.ru*

*Хитрова Екатерина Азефовна,
врач лечебной физкультуры и спортивной медицины
Российская Федерация*

ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ ИППО Т ЕРАПИЕЙ НА ЖИВОЙ ЛОШАДИ И СИМУЛЯТОРЕ ВЕРХОВОЙ ЕЗДЫ НА ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Аннотация. Целью данной работы является анализ статей по направлению «иппотерапия», так как было накоплено довольно много знаний с момента становления иппотерапии в качестве

одного из способов абилитации и реабилитации. Ввиду этого возникает необходимость проведения систематического обзора научной литературы с целью определения возможностей иппотерапии в сфере реабилитации как на живой лошади, так и на симуляторе верховой езды для людей с ограниченными возможностями здоровья.

Ключевые слова: иппотерапия, постуральный баланс, церебральный паралич, расстройства аутистического спектра, статическое и динамическое равновесие, когнитивное развитие, терапия с помощью лошади, сенсо-моторная интеграция, лечебная верховая езда, симулятор верховой езды.

Во многих странах Европы и Америке терапия с помощью лошади – Equine assisted therapy (EAT) признана методом реабилитации, имеет профессиональные и образовательные стандарты. С клиентами работают опытные физические терапевты, эрготерапевты и тренеры по лечебной верховой езде. У нас иппотерапия пока не имеет утвержденных стандартов и не встроена в структуру реабилитационных мероприятий. Однако, сейчас принят ряд законов, на основании которых к 2023 году должен произойти полный переход к социальной модели реабилитационной помощи на основе Международной классификации функционирования. В связи с этим, было бы логично обращение к опыту иностранных коллег, чтобы определить место терапии с помощью лошади и терапии на симуляторах верховой езды – иппотренажерах в этой системе.

Иппотерапия (здесь – собирательный термин для нескольких видов терапии с помощью лошади: Помощь людям с ментальными нарушениями (Equine assisted mental therapy) и Иппотерапия (Hippotherapy) в США, у нас – Классическая иппотерапия и Развивающая верховая езда) исторически использовалась для реабилитации и улучшения качества жизни пациентов с неврологическими (ДЦП, инсульт) или другими нарушениями, такими как РАС, задержка психо-речевого развития, воспалительные заболевания суставов, рассеянный склероз, травма головы и спинного мозга, поведенческие расстройства и психические расстройства [28].

Целью данного исследования является проведение систематического обзора научной литера-

туры для определения возможностей иппотерапии в сфере реабилитации (на живой лошади или на симуляторе ВЕ) для людей с ограниченными возможностями.

Материалы и методы

Обзор научной литературы был проведен путем поиска в базах данных Cochrane Library, Scencedirect, Researchgate, Pubmed, Semantic scholar. В качестве ключевых слов использовались «Hippotherapy», «Horseback riding therapy», «Equine assisted therapy». Критериями поиска также были сроки публикации – не ранее 1995 года, публикация в журналах соответствующей тематики – физическая терапия, неврология, ортопедия, детская и взрослая реабилитация, а также ветеринария.

Прежде всего, и лошадь, и симулятор верховой езды (ВЕ), как альтернатива терапевтической езде, являются физическими тренажерами. Считается, что лошадь передает тазу всадника колебания, которые очень близки (хоть и отличаются по некоторым параметрам) естественным движениям при ходьбе [6]. Одними из важных параметров этого колебания является его трехплоскостная структура (вертикальные колебания в сочетании и горизонтальными и с ротационным компонентом) и гладкость геометрических кривых на графиках движений.

Еще Н. А. Бернштейном было подмечено, что характер движения человека является наиболее чувствительным индикатором функционирования его организма [2]. Движение здорового человека отличается грациозностью, пластичностью и плав-

ностью. Гладкость часто рассматривается как отличительная черта умелого, скоординированного движения [15]. Она увеличивается с развитием нервной системы [5], в процессе обучения двигательным навыкам [4]. Прерывистость движения может наблюдаться при движениях верхней конечности у детей младше 6 месяцев [5], при достаточно медленных движениях [12], при движениях, требующих особой точности [7], и у пациентов с нарушением моторного контроля, вызванного неврологическими повреждениями, такими как инсульт [20], рассеянный склероз [9], болезнь Паркинсона [11] и т.д. Другими словами, естественные движения здорового человека кинематически характеризуются гладкими траекториями [3], в то время как поврежденное звено ОДА производит прерывистые движения и не способно производить плавные движения на доступном ему объеме движений. В нейрофизиологии считается, что гладкие движения являются результатом минимизации физических усилий [14].

Терапевтический эффект ЕАТ, описываемый клиницистами, вероятнее всего, связан с реакциями постурального контроля, возникающими в ответ на афферентные стимулы от вестибулярной, проприоцептивной и зрительной систем [1].

При таких нарушениях здоровья, как детский церебральный паралич (ДЦП), это может положительно повлиять на осанку, формирование новых навыков мобильности или улучшение уже существующих моторных паттернов [19; 24; 25]. Улучшение крупных моторных навыков может переноситься в повседневную деятельность и сохраняться в течение нескольких недель, однако, на спастичность мышц иппотерапия пролонгировано не влияет [25].

У пожилых людей иппотерапия может быть эффективным методом улучшения функциональной подвижности, динамического равновесия и гибкости, способности сохранять равновесие, как профилактика падений [18, 27].

Кроме воздействия на моторную сферу, исследователи отмечают и другие положительные эф-

фекты ЕАТ при различных заболеваниях. Так, например, при аутистическом спектре расстройств помимо улучшения показателей статического и динамического равновесия [21], отмечается улучшение коммуникативных навыков у ребенка на занятии и в домашней среде после курса занятий [22], улучшения в когнитивной и эмоциональной сферах, поскольку ребенок должен сосредоточиться на контроле, внимании, а также вербальном и невербальном общении, чтобы заниматься верховой ездой [17]. Специалисты из Турции отмечают улучшение психо-социального поведения детей с РАС и небольшое снижение симптомов аутистического спектра: ими были обнаружены статистически значимые различия в физических, эмоциональных и психосоциальных показателях PedsQL (модель измерения качества жизни детей), в построении взаимоотношений, использовании тела и предметов, языковых навыках, социальных навыках и навыках самообслуживания [13]). Грузинские коллеги обосновывают в результате клинического эксперимента использование лошади в терапии детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью (СДВГ) с положительной динамикой в виде улучшения показателей нейропсихологических тестов, общей моторной координации, эмоционального самоконтроля и самодисциплины [23].

У здоровых пациентов результаты исследований также подтвердили гипотезу о том, что дети будут испытывать увеличение позитивной идентичности, улучшение социальных и физических навыков: по результатам анкетирования родителей после занятий терапевтической ездой в летнем лагере их дети чувствовали повышенную уверенность, научились верить в свои способности и чувствовали себя более комфортно при выполнении мероприятий без помощи взрослых [8].

Такой широкий спектр влияния на здоровье всадника исследователи приписывают мультисенсорной стимуляции, которую получает пациент на занятии ЕАТ: вестибулярной,

проприорецептивной, тактильной, зрительной, слуховой и даже обонятельной [26]!

Симуляторы верховой езды и иппотренажеры появились в качестве альтернативы реальной верховой езде, поскольку они способны обеспечить сопоставимый набор стимулов, которые могут привести к специфическим постуральным реакциям. Тренажер передает колебания, построенные по аналогии с воздействием спины лошади при ходьбе и, по результатам мета-анализа материалов статей на 2020 год, является многообещающим инструментом для снижения уровня боли у людей, страдающих от люмбагии [10]. Однако, симулятор верховой езды имеет как преимущества перед ЕАТ, так и некоторые значимые ограничения:

1) Симулятор ВЕ имеет программируемую амплитуду и частоту колебаний, которые может быть лишена недостатков четырехтактного шага лошади (6).

2) Доступность занятий на симуляторах для пациентов, так как статистически большинство конюшен выносятся за пределы городской среды, туда сложно добираться, а тренажеры могут быть установлены в реабилитационных центрах и отделениях по несколько штук в одном небольшом помещении.

3) Экономическая составляющая: техническое обслуживание машины дешевле, чем затраты, связанные с уходом, содержанием и обучением лошадей, а также с обучением целой команды специалистов.

4) Уменьшение уровня нагрузки при равной длине занятий из-за предсказуемости движений симулятора, изоморфности всех передаваемых стимулов и безопасного и комфортного пространственного расположения самого симулятора, что может быть важно для детей с РАС и пожилых людей с болезнью Паркинсона, например [16], у которых может быть страх или беспокойство при езде на живой лошади.

Занятия на симуляторе проходят в обедненной сенсорной среде, то есть в помещении, где нет лишних звуков, контролируется температурный режим

и клиент/пациент одет в удобную одежду, что может быть плюсом. Однако, нет атмосферы манежа и самого большого, пушистого и теплого животного (температура лошади в норме на 1,5 градуса выше, чем у человека).

Необходимо также учитывать такие аспекты, осложняющие занятия ЕАТ, как неподходящая погода и риск проявления аллергических реакций у клиентов/пациентов.

Результаты исследования

В результате анализа 20 научных статей, посвященных изучению благотворного влияния иппотерапии и 5 научных статей, посвященных терапевтическому эффекту при работе на иппотренажере был выявлен ряд схожих черт и различий между “тренажерами”.

Занятия на симуляторе более доступны по цене, не требуют присутствия команды специалистов, имеют низкий риск травматизма, доступны для занятий в городской среде, так как их установка возможна в любом реабилитационном центре или спортивном зале, имеют низко насыщенную сенсорную среду и удобный режим дозирования нагрузки, является эффективным средством способом лечения люмбагии, могут иметь преимущества при работе с пожилыми пациентами и детьми с РАС с целью достижения целей в области двигательной сферы.

Занятия на живой лошади, благодаря насыщенной сенсорной среде, считаются эффективным средством для работы с людьми, имеющими когнитивные и эмоциональные расстройства. В области физического развития иппотерапия на живой лошади способна улучшить функциональную подвижность и постуральный контроль у детей с неврологической патологией и РАС, у пожилых клиентов/пациентов. А также у большой категории клиентов/пациентов обнаружены положительные изменения после занятий в коммуникативной, когнитивной, эмоциональной сфере, в сфере самообслуживания, что говорит о широкой сфере влияния на качество жизни в целом.

Выводы

Таким образом, основными аспектами функционирования человека в повседневной жизни, на которые может положительно повлиять терапия с помощью лошади можно считать:

- двигательная сфера (равновесие, мышечная сила и контроль),
- когнитивная сфера (концентрация внимания, память, способность следовать инструкциями и т.д.),

- коммуникативная сфера (улучшение невербальной и вербальной коммуникации),
- эмоциональная сфера (мотивация к занятиям, контроль эмоций, расширение спектра эмоций, уверенность в себе и т.д.),
- повседневное функционирование и общее качество жизни.

Список литературы:

1. Бекая Г. А., Квачадзе И. Д., Пруидзе М. В., Цверева Д. М., Хвития Н. Г. Лечебная верховая езда – обнадеживающий способ в лечении синдрома дефицита внимания и гиперактивности. Медицинский альманах – № 5 (50). Октябрь, 2017.– С. 127–129. УДК: 636.1.088:615.825:159.9
2. Бернштейн Н. А. О построении движения.– М.: Государственное издательство медицинской литературы, 1947.– 254 с.
3. Васильев О. С., Левушкин С. П., Ачкасов Е. Е. Кинематические показатели нагрузок на опорно-двигательный аппарат при реабилитации спортсменов и учащихся хореографических училищ. Курортная медицина,– № 3. 2020.– С. 112–121. УДК616.7+796.071:615.8
4. Balasubramanian S., Melendez-Calderon A., Roby-Brami A., Burdet E. “On the analysis of movement smoothness”. 2015. DOI: 10.1186/s12984–015–0090–9
5. Berthier N. E., Keen R. “Development of reaching in infancy”. 2006 – DOI: 10.1007 / s00221-005-0169-9
6. Brian A Garner B Rhett Rigby. “Human pelvis motions when walking and when riding a therapeutic horse”. 2015. DOI: 10.1016/j.humov.2014.06.011
7. Burdet E., Milner T. E. “Quantization of human motions and learning of accurate movements”. 1998. DOI: 10.1007/s004220050435
8. Carey A., Murray S., Barnfield A. “The Psychological Effects of Therapeutic Riding (TR) for Children”. URL: <https://hetifederation.org/product/presumptions-for-psychotherapy-with-the-horse-1998>
9. Carpinella I., Cattaneo D., Abuarqub S., Ferrarin M. “Robot-based rehabilitation of the upper limbs in multiple sclerosis: feasibility and preliminary results”. 2009. DOI: 10.2340/16501977–0401
10. Daniel Collado-Mateo, Ana Myriam Lavín-Pérez, Juan Pedro Fuentes García, Miguel Ángel García-Gordillo, Santos Villafaina. “Effects of Equine-Assisted Therapies or Horse-Riding Simulators on Chronic Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis”. DOI: 10.3390/medicina56090444
11. Dayan E., Inzelberg R., Flash T. “Altered perceptual sensitivity to kinematic invariants in Parkinson’s disease”. 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0030369
12. Doeringer J. A., Hogan N. “Intermittency in preplanned elbow movements persists in the absence of visual feedback”. 1998. DOI: 10.1152/jn.1998.80.4.1787
13. Gonca Ozyurt, Çağla Dinsever, Selcuk Akpinar, Kürşat Özcan. “The effect of therapeutic horseback riding for children diagnosed with autism spectrum disorder on autistic symptoms and the quality of life”. DOI:10.5455/apd.249916

14. Harris C. M., Wolpert D. M. "Signal-dependent noise determines motor planning". 1998. DOI: 10.1038/29528
15. Hogan N., Sternad D. "Sensitivity of smoothness measures to movement duration, amplitude, and arrests". 2009. DOI: 10.3200/35-09-004-RC
16. Leah S. Goudy, Brandon Rhettt Rigby, Lisa Silliman-French, Kevin A. Becke. Effects of Simulated Horseback Riding on Balance, Postural Sway, and Quality of Life in Older Adults With Parkinson's Disease. 2019. DOI: 10.1123/apaq.2019-0008
17. Johnson J., Nicholson N., Potoczak K. "The Effect of Therapeutic Riding on Children with Autism: Two Case Studies". URL: <https://hetifederation.org/product/volunteer-and-professional-training-and-qualifications-for-riding-therapists-in-the-uk-partnership-or-conflict-1998>
18. Luanna Honorato Diniz, Edneia Corrêa de Mello, Mariane Fernandes Ribeiro, Rodrigo César Rosa, Vicente de Paula Antunes Teixeira, Ana Paula Espindula. "Impact of hippotherapy for balance improvement and flexibility in elderly people". DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.10.002
19. Martín-Valero R., Vega-Ballón J., Perez-Cabezas V. "Benefits of hippotherapy in children with cerebral palsy: A narrative review". 2018. DOI: 10.1016/j.ejpn.2018.07.002
20. Michmizos K. P., Rossi S., Castelli E., Cappa P., Krebs H. I. "A Pediatric Robot for Ankle Rehabilitation". 2015. DOI: 10.1109/TNSRE.2015.2410773
21. Mirzabeigi Fini S., Kazemzadeh Y., Sokhanguiei Y. "The Effect of Hippotherapy on Static and Dynamic Balance and Reaction Time in Autism Spectrum Disorder". URL: <https://hetifederation.org/product/data-analytical-problems-experienced-in-therapeutic-riding-research-and-a-statistical-explanation-to-some-of-the-problems-1999>
22. Page C. "The social and emotional benefits of therapeutic riding for children with autism: an exploratory study". URL: <https://hetifederation.org/product/the-senses-of-the-horse-1998>
23. Patrick A Forbes, Anthony Chen, Jean-Sébastien Blouin. "Sensorimotor control of standing balance". DOI: 10.1016/B978-0-444-63916-5.00004-5
24. Renee L. Casady, Deborah S. Nichols-Larsen. "The Effect of Hippotherapy on Ten Children with Cerebral Palsy". DOI: 10.1097/01.PEP.0000136003.15233.0C
25. Rong-Ju Cherng, Hua-Fang Liao, Henry W. C. Leung, Ai-Wen Hwang. "The Effectiveness of Therapeutic Horseback Riding in Children With Spastic Cerebral Palsy". DOI: <https://doi.org/10.1123/apaq.21.2.103>
26. Selvinen S. "Case study: multisensory integration and balance in finnish riding therapy". <https://hetifederation.org/product/case-study-multisensory-integration-and-balance-in-finnish-riding-therapy-2007>
27. Seong-Gil Kim, Chae-Woo Lee. "The Effects of Hippotherapy on Elderly Persons' Static Balance and Gait". URL: <https://www.researchgate.net/publication/260379754>
28. Tuba Tulay Koca, Hilmi Ataseven. "What is hippotherapy? The indications and effectiveness of hippotherapy". 2015. DOI: 10.14744/nci.2016.71601

Section 2. Agricultural sciences

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-9-16>

Vlaschuk Oksana,
Institute of Irrigated Agriculture of the
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
E-mail: lavrin52@ukr.net; borakruzer@gmail.com

THE PRODUCTIVITY OF STANDARD SEED AND SOWING QUALITIES OF WHITE SWEET CLOVER IS DEPENDING ON ELEMENTS OF AGROTECHNICS

Abstract. The results of experimental researches are resulted from influence of technological elements on forming of the seminal productivity of white sweet clover. A purpose was to set influence of width of spaces between rows and doses of nitric fertilizer on the productivity of standard seed and sowing qualities of different sorts of culture in the unirrigated terms south of Ukraine. Researches conducted during 2016–2018 on the base of Institute of the irrigated agriculture of NAAN in obedience to the confessedly methods of carrying out the field test, methodical recommendations and manuals. Used such methods: scientific, special, comparatively analytical, regressive, informative-logical analysis and mathematical design. Maximal exit of standard seed from unit of area – 89.0% got at sowing of sort Pivdenny with the width of spaces between rows 45 see and bringing of nitric fertilizer by the dose of N_{60} . On this variant got the most productivity of standard seed – 413 kg/hectare.

Keywords: green crops, sort, width of spaces between rows, dose of nitric fertilizer, seminal productivity, field germination.

1. Introduction

The solution to the problem of feed protein in modern economic conditions, when there is a very high cost of mineral and organic fertilizers, is possible largely by increasing the sown area, expanding the range and increasing the yield of perennial and annual legumes [1, P. 4].

In the zone of risky agriculture, which includes the south of Ukraine, the choice of drought-resistant crops capable of forming stable yields with high seed quality in extreme conditions is of great importance. These requirements are fully met by the white sweet clover – a culture of universal use with high and sta-

ble yields, drought-resistant, heat-resistant, relatively undemanding to soils and technological. In addition, white sweet clover is an effective biological ameliorant [2, p. 127–132; 3, p. 122–127].

White sweet clover – a relatively new culture, brought it by breeders in the state of Alabama. The culture belongs to the annual family of legumes (Fabaceae) [4, p. 32–38].

All clover plants are good honey plants (flowering of cultivated plants takes place in June and July), but in field crop rotations two species are most often cultivated – white clover (*Melilotus albus* L.) – annual or biennial and clover (yellow) (*Melilotus officinalis* L.)

– perennial plant. According to its biology, white clover has two types of development: the annual type of plant sprouts, grows and bears fruit in the year of sowing, the biennial – the plant sprouts appear in spring or autumn, vegetate, overwinter and form seeds for the second year [5, p. 54–56; 6, p. 91–101].

To ensure the production of seeds of new varieties of white sweet clover, it is important to develop cultivation technology, the task of which is to obtain maximum seed productivity and high quality of seed [7, p. 147–148; 8, p. 243–251]. Sowing with high-quality conditioned seeds is one of the main elements of agricultural technology that contributes to sustainable yields of white sweet clover. The maximum seed productivity of the crop is formed with the best ratio and combination of all elements of cultivation technology, among which the most effective are the use of zoned varieties, the optimal width between rows and the dose of nitrogen fertilizer [9, p. 123–127; 10, p. 49–54].

2. Materials and methods

Experimental studies were conducted during 2016–2018 in the experimental field of the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS.

In a three-factor experiment studied: factor A (variety) – varieties of white sweet clover Pivdenny and Donets'kyi odnorichnyy, factor B (row spacing) – 15; 30; 45 and 60 cm, factor C (nitrogen fertilizer dose) – without fertilizers, N_{30} , N_{60} , N_{90} . The experiment was based on the method of split plots by randomization in four repetitions in accordance with the methods of field research [11, p. 74–80; 12, p. 49–56] by improving the elements of agronomic techniques for growing crops. The soil of the experimental site is dark chestnut medium loamy, slightly saline with a deep level of groundwater. According to the agrochemical analysis, the content of the main nutrients in the arable layer of the soil averaged: nitrate nitrogen – 21 mg/kg of soil, mobile phosphorus – 38 and exchangeable potassium – 33 mg/kg of soil. Weather conditions during the years of research were typical for the zone of Southern Ukraine.

Agrotechnics of growing white annual clover seeds was generally accepted for the conditions of the south of Ukraine, except for the factors we studied. In autumn, after harvesting the predecessor, plowing was carried out to a depth of 25–27 cm. In early spring, harrowing and pre-sowing cultivation were carried out to a depth of 3–4 cm. Sowing was carried out in the first decade of April at sowing rates of 2.5 million units/ha.

The following methods were used in the research: general scientific (analysis, observation, comparison, measurement), special (field, laboratory), comparative-analytical, regression, information-logical analysis and mathematical modeling.

3. Results and discussion

The dependence of conditioned seed yield on varietal composition, row spacing and doses of nitrogen fertilizer is established. On average for 2016–2018, the maximum yield of conditioned seeds of white sweet clover – 495 kg/ha was provided by growing the Pivdenny variety with a row spacing of 45 cm and nitrogen fertilization with a dose of N_{60} (Table 1). Depending on the varietal composition (factor A), a larger number of conditioned seeds, on average during the study period – 363 kg/ha received for sowing variety Pivdenny, which exceeded similar values of this indicator in the variety Donets'kyi odnorichnyy by 34 kg, or 9.4%. On average, by factor B (row spacing), using a row spacing of 45 cm, the maximum yield of conditioned seeds was 384 kg/ha, while other variants of row spacing showed a decrease in the range of 34–81 kg/ha. At different doses of nitrogen fertilizer (factor C) there were significant fluctuations in the values of crop yield – from 346 to 413 kg/ha.

The minimum amount of conditioned seeds, on average, – 259 kg/ha was formed by crops of annual clover, where no nitrogen fertilizer was applied. The maximum yield of conditioned seeds – 413 kg/ha was obtained by applying nitrogen fertilizer at a dose of N_{60} . The lowest number of conditioned seeds of both studied cultivars was obtained at row spacings of 15 cm on unfertilized variants – 238 and

239 kg/ha, respectively. As the seed productivity of white annual clover decreased, a tendency to decrease the yield of conditioned seeds and the seed reproduction rate was observed.

On average, in 2016–2018, experimental tests, the maximum yield of conditioned seeds per unit area – 89.0% were obtained by sowing the variety Pivdennyi with a row spacing of 45 cm and application of nitrogen fertilizer at a dose of N₆₀. In the variety Donets'kyy odnorichnyy the highest yield of conditioned seeds – 88.0% was also observed for the row spacing of 45 cm and the use of nitrogen fertilizer at a dose of N₆₀. As a result, we can conclude that the use of these parameters in the technology of growing different varieties of crops contributes to obtaining the largest amount of conditioned seed.

The average coefficient of phenotypic variation (V_{pf},%) of conditioned seed yield depending on the

row spacing was insignificant and ranged from 1.73–2.45% for the Pivdennyi variety and 1.85–2.15% for the Donets'kyy odnorichnyy variety. Slightly higher modification variability (V_m,%) was depending on the application of nitrogen fertilizer doses and amounted to 2.65–9.26% for the cultivar Pivdennyi and 2.71–9.38% for the cultivar Donets'kyy annual, which indicates the advantages of technological regulation of yield conditioned seeds with the help of this agronomic measure. Significantly higher were the average indices of phenotypic variation of the seed multiplication coefficient of varieties under the influence of row spacing (V_{pf},%) – 6.42–9.38% – for the Pivdennyi variety; 6.50–9.47% – for the Donets'kyy odnorichnyy variety, and modification variability under the influence of nitrogen fertilizer doses (V_m,%) – 12.51–23.57% and 12.15–23.78% for the above-mentioned varieties, respectively.

Table 1. – Yield of conditioned seeds of white sweet clover of different varieties depending on the width between rows and doses of nitrogen fertilizer (average for 2016–2018)

Factor A, sort	Factor B, row spacing, cm	Factor C, dose of nitrogen fertilizer, kg/ha	Yield of conditioned seeds, kg/ha	On average by factor		
				A	B	C
1	2	3	4	5	6	7
Pivdennyi	15	No fertilizers	238	363	303	259
		N ₃₀	304			346
		N ₆₀	385			413
		N ₉₀	329			368
	30	No fertilizers	255		347	
		N ₃₀	350			
		N ₆₀	425			
		N ₉₀	391			
	45	No fertilizers	290		384	
		N ₃₀	429			
		N ₆₀	495			
		N ₉₀	437			
	60	No fertilizers	273		350	
		N ₃₀	369			
		N ₆₀	450			
		N ₉₀	392			

1	2	3	4	5	6	7
Donets'kyy	15	No fertilizers	239	329		
		N ₃₀	294			
		N ₆₀	351			
		N ₉₀	286			
	30	No fertilizers	259			
		N ₃₀	334			
		N ₆₀	393			
		N ₉₀	371			
	45	No fertilizers	273			
		N ₃₀	354			
		N ₆₀	421			
		N ₉₀	375			
	60	No fertilizers	243			
		N ₃₀	331			
		N ₆₀	386			
		N ₉₀	359			
Assessment of the significance of partial differences						
		LSD ₀₅ . kg/ha	A = 6.97			
			B = 7.18			
			C = 5.83			
Assessment of the significance of average (main) effects						
		LSD ₀₅ . kg/ha	A = 1.65			
			B = 2.49			
			C = 1.98			

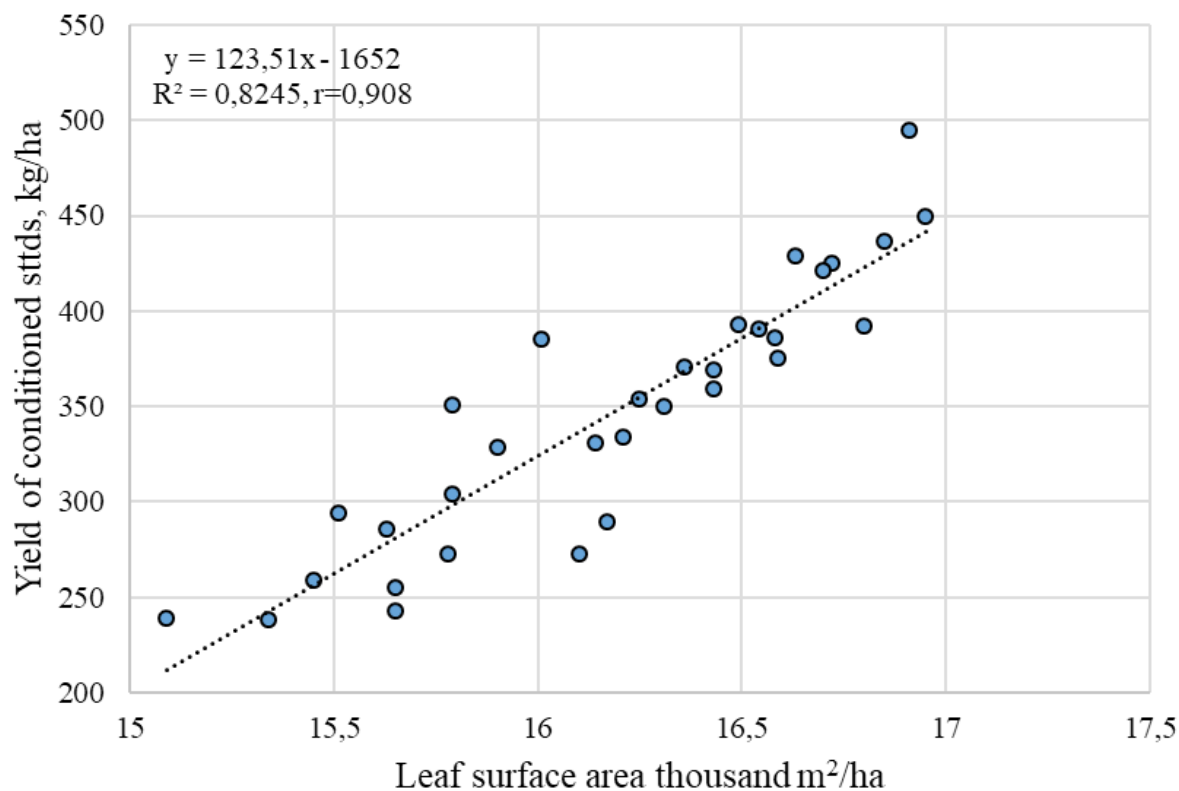
This makes it possible to state that the coefficient of seed propagation of different varieties can be adjusted by the parameters of row spacing and doses of nitrogen fertilizer.

The leaf area of the varieties of white sweet clover is one of the important indicators of the elements of the yield structure of white clover, which affects the formation of high yield of conditioned seeds. The correlation coefficient is high and amounted to + 0.908 (Fig.).

Analyzing the obtained correlation-regression model, it is possible to draw a conclusion about the high positive effect of leaf surface area of white clo-

ver varieties on the yield of conditioned seeds, which must be taken into account in breeding and seed practice. Therefore, it is necessary to develop elements of technology that increase the leaf area of the varieties of white clover to increase the production of conditioned seeds of new innovative varieties (Figure).

The optimal parameters of the technology of growing white sweet clover significantly affect the yield of conditioned seeds and its quality. On average, during the period of 2016–2018, studies were observed, the difference in the amount of conditioned seed yield was observed depending on all the studied factors (Table 2).



Picture 1. Correlation-regression model of dependence of conditioned seed yield and leaf surface area (average for 2016–2018)

According to the experimental variants, the percentage of substandard seeds ranged, on average, in the range of 85.0–89.0%. The influence of varietal composition (factor A) on the yield of conditioned seeds of white sweet clover was noted.

The Pivdenny variety, on average in three years, formed the highest yield of conditioned seeds – 86.9%, which was 0.4% higher than the similar values of the Donetsk'ky odnorichnyy annual variety.

According to the factor B (width between rows), the maximum average yield of conditioned seeds of the crop – 87.4% was obtained with the option of width between rows of 45 cm. The lowest yield of conditioned seeds of white sweet clover – 85.9% was found for sowing with a row spacing of 15 cm. This is due to the fact that the plant feeding area decreased due to high sowing density per unit area, lateral shoots did not develop, shoots.

The use of different doses of nitrogen fertilizer contributed to the increase in the number of condi-

tioned seeds, when the values of the indicator varied in the range of 86.7–87.2%. In general, according to factor C (dose of nitrogen fertilizer), the maximum average values of the indicator – 87.2% of crops were for the use of nitrogen fertilizer at a dose of N_{60} , the minimum – 85.9% in non-fertilized versions of the experiment.

Thus, on average in 2016–2018, it was established that during the sowing of the Pivdenny variety (factor A) the highest seed productivity was obtained – 418.0 kg/ha and the yield of conditioned seeds – 363.0 kg/ha, and also the maximum yield of conditioned seeds of white sweet clover – 86.9%.

Studies in 2016–2018 found that the germination energy of the variants, on average, was in the range of 74.2–80.3%. Cranberry seeds of the Pivdenny variety (factor A) were characterized by higher germination energy – the average values were 77.4%, while the Donetsk annual variety – 77.1%.

Table 2. – Influence of varietal composition, row spacing and doses of nitrogen fertilizer on the percentage of yield of conditioned seeds of white sweet clover (average for 2016–2018)

Factor A, sort	Factor B, row spacing, cm	Factor C, dose of nitrogen fertilizer, kg/ha	Yield of conditioned seeds, kg/ha	On average by factor		
				A	B	C
1	2	3	4	5	6	7
Pivdenny	15	No fertilizers	85.0	86.9	85.9	85.9
		N ₃₀	86.9			86.9
		N ₆₀	86.9			87.2
		N ₉₀	86.1			86.7
	30	No fertilizers	85.9		86.4	
		N ₃₀	87.1			
		N ₆₀	86.9			
		N ₉₀	85.9			
	45	No fertilizers	86.1		87.4	
		N ₃₀	87.9			
		N ₆₀	89.0			
		N ₉₀	87.1			
	60	No fertilizers	86.9		87	
		N ₃₀	87.0			
		N ₆₀	88.1			
		N ₉₀	86.9			
Donets'kyy	15	No fertilizers	85.1	86.5		
		N ₃₀	85.0			
		N ₆₀	86.0			
		N ₉₀	86.1			
	30	No fertilizers	86.0			
		N ₃₀	87.2			
		N ₆₀	86.0			
		N ₉₀	86.1			
	45	No fertilizers	86.9			
		N ₃₀	87.0			
		N ₆₀	88.1			
		N ₉₀	87.0			
	60	No fertilizers	85.0			
		N ₃₀	87.1			
		N ₆₀	86.9			
		N ₉₀	88.0			
Assessment of the significance of partial differences						
		LSD ₀₅ . kg/ha	A = 6.97			
			B = 7.18			
			C = 5.83			

1	2	3	4	5	6	7
Assessment of the significance of average (main) effects						
		LSD ₀₅ , kg/ha	A = 1.65			
			B = 2.49			
			C = 1.98			

The use of different row spacing parameters (factor B) also affected the seed germination energy. The highest average values of 79.1% were obtained with a row spacing of 45 cm, the lowest – 75.6% with a row spacing of 15 cm.

Laboratory germination was established 3–4 days after determination of seed germination energy, the values were slightly higher for all variants of the experiment and ranged from 78.2 to 83.4%. Seed germination depended on the varietal composition (factor A), was slightly higher in the Pivdenny variety and amounted to 81.5%.

The highest seed germination depending on the method of sowing (factor B) – 82.4% was set at a row spacing of 45 cm. row spacing 15 cm and amounted to 80.3%. The application of nitrogen fertilizer had a positive effect on seed germination. The best values of the indicator – 82.2% were obtained by applying

nitrogen fertilizer at a dose of N₆₀. The maximum values of germination energy and laboratory germination are 80.3 and 80.4%, respectively, set in the Pivdenny variety with a row spacing of 45 cm and application of nitrogen fertilizer at a dose of N₆₀.

Conclusion

Optimization of elements of cultivation technology significantly affects the seed productivity of white sweet clover. Studies in 2016–2018 found that the varietal composition, row spacing and nitrogen fertilizer application rates affect the formation of conditioned seed yields and sowing qualities of white sweet clover.

The best indicators of seed quality and the maximum yield of conditioned seeds of white sweet clover – 495 kg/ha provided the cultivation of the variety Pivdenny with a row spacing of 45 cm and nitrogen fertilization with a dose of N₆₀.

References:

1. Cereal legumes. Growing recommendations / Kompaniia BASF Agro. 2017.– 63 p.
2. Kirilesku O. L., Movchan K. I. Yield formation in grain-legume crops under the conditions of the Western Foreststeppe of Ukraine. *Kormy i kormovyrobnytstvo*. – Issue 82. 2016.– P. 127-132.
3. Hospodarenko H. M., Kravets I. S. Influence of land-tenure on humus content and quality in black-earth of Ukrainian Right-bank Foreststeppe. *Naukovyi visnyk NAU*.– No 24.2000.– P. 122–127.
4. Cereal legumes. Growing recommendations / Kompaniia BASF Agro. 2017.– 63 p.
5. Holosov O. O. Features of the competitive position formation of the grain manufacturer on the world commodity market. *Kultura narodov Prychernomorya*.– No 50.2013. – P. 54–56.
6. Lykhochvor V. V., Matkovska M. V. Yield of different varieties of winter barley depending on fertilizer rates, growth regulators and fungicides under conditions of the western Foreststeppe. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. – Issue 62.2017.– P. 91–101.
7. Liakh N. M. Influence of the protracted application of mineral fertilizers on physical-chemical properties of alcalated black-earth. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. – Issue 1.2018.– P. 147–148.
8. Plant growing: navch. posib. / S. M. Kalenska et al.– Kyiv, 2005.– 502 p.
9. Chynchyk O. S. Influence of the fertilization system and methods of soil treatment on the formation of pea varieties plant structure. *Kormy i kormovyrobnytstvo*.– Issue 77.2013.– P. 123–127.

10. A global perspective on agroecosystem nitrogen cycles after returning crop residue / W. Min et al. Agriculture, Ecosystems & Environment. – Vol. 266.2018. – P. 49–54.
11. Methodology of the field and laboratory researches on irrigable soils: navch. posib. / R. A. Vozhehova et al. – Kherson: Hrin D. S., 2014. – 244 p.
12. Methods of field experiment: textbook / V. O. Ushkarenko et al. – Kherson: Hrin D. S., 2014. – 372 p.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-17-24>

Ganzha V. V.,
applicant for higher education
degree of Doctor of Philosophy, Ukraine
E-mail: borakruzer@gmail.com

Ivaniv N. A.,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Acting Head of the Department of Plant Production and Agroengineering,
Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine
E-mail: ivaniv.nikoly@gmail.com

WATER CONSUMPTION OF SOYBEAN VARIETIES WITH DRIP IRRIGATION IN THE ARID STEPPE OF UKRAINE

Abstract. The study of the influence of the cenosis density of soybean varieties of different ripeness groups on the indicators of water consumption and grain yield has been carried out. The relationship between the indicators of water consumption and the yield of soybean grain under drip irrigation in the arid steppe of Ukraine has been investigated.

Keywords: soybeans, sowing density, drip irrigation, yield, total water consumption.

1. Introduction

Drip irrigation is a method of supplying water with the simultaneous introduction of herbicides, pesticides and growth-regulating agents into the root system of plants, which makes it possible to reduce their consumption. At the same time, there is a decrease in material costs for technical measures, weed control. Drip irrigation involves the use of a drip dispenser that irrigates the roots drop by drop. Wells and open reservoirs can be used as a source of drip irrigation.

The first drip dispenser was created in Israel in 1959 by Simcha Blass at Kibbutz Hatzerim. The drip irrigation system became quite successful and later appeared in Australia, North and South America in the late 1960s. In the early 1960s, the first drip tape appeared in the USA thanks to Richard Chapin (the first system was applied during 1964). Further modernization of drip systems was reduced to reducing the financial costs of installing the system, and to reducing the problems associated with clogging of dispensers and supply pipes [1].

For effective crop yields, it is important to observe the correct irrigation regime. The water regime of the soil has a great influence on the productivity indicators of various crops. Thus, the lack or excessive moisture of the soil negatively affects the state of the water-physical properties of the soil. At the same time, the position of irrigated lands deteriorates when taking into account ecological and reclamation factors [2; 3].

When conducting a study for the entire growing season, it is impossible to allow a decrease in moisture in the active soil layer to wilting moisture, that is, in order to obtain high and stable plant productivity, it is necessary to maintain a predetermined lower soil moisture threshold before irrigation [4].

Analyzing the results of the research of various authors, it can be noted that the experiments on the effectiveness of the use of drip irrigation in the cultivation of soybeans are very limited. At the same time, a number of authors believe that in the production of soybeans for seeds, it is necessary to differentiate the soil moisture regime during the growing season of

plants. This is due to the fact that plants, depending on the phase of development, receive the required different amount of moisture. As a result, water is saved per unit of production, and the productivity of plants increases [5–7].

At present, many scientists who have dealt with the irrigation regime of various agricultural crops believe that the lower limit of soil moisture should not decrease below 65–75% of the lowest moisture capacity (HB). With such a decrease, capillary rupture occurs. In addition, it should be taken into account that the lower limit of soil moisture depends on external conditions and biological characteristics of plants [8].

With drip irrigation, the peculiarity of soil moistening to the optimum value also depends on the growth, development and growing conditions of soybeans for grain.

At different stages of development, soybean with drip irrigation uses the greatest amount of moisture for transpiration from the surface of plants and soil evaporation. Thus, the total water consumption is an indicator of the water demand of soybeans [9].

In general, in certain soil and climatic conditions, when designing the irrigation regime for agricultural crops, the output values are the total water consumption. So, during the growing season of plants, the average daily water consumption, based on temperature indicators, can vary in different ways [10].

A plant, like any living organism, consists mainly of water. This is the foundation of all physiological and biochemical processes in plant cells. Therefore, a decrease in water consumption determines the lack of the presence of saline in plant tissues. As a result, these processes can be completely suspended or slowed down [11].

The rate of water consumption is determined by water consumption for the full growing season – this is a quantitative indicator of water consumption [12].

The indicator of the total water consumption of various agricultural crops – the value is quite variable, it is influenced by agro-ecological and soil cultivation technology. Its main component is transpiration –

the extraction of water by plant roots from the soil and its further evaporation [13].

It should be noted that the water consumption of soybeans has been little studied. This is explained by the fact that a guaranteed stable yield of soybean grain for seeds during the entire growing season can be obtained only if the necessary moisture supply to the plants.

2. Materials and methods

The studies were carried out in accordance with the thematic research plan of the Kherson State Agrarian and Economic University on the assignment “Implementation of the technology for the cultivation of basic agricultural crops.” Field experiments were carried out at the Sivashskoye agricultural firm of the Novotroitsk district of the Kherson region, located in the agroecological zone of the arid steppe (GTKV–IX = 0.46–0.60) within the range of the Kakhovka irrigation system. The object of the research was the soybean varieties of the Institute of Irrigated Agriculture of the NAAS of various ripeness groups: early ripening – Monarch, Diona; mid-early – Aratta, Sofia; mid-season – Danae, Svyatogor. In the experiment, various seeding rates were used: 300, 500, 700, 900, 1100 thousand plants per 1 ha.

Soil moisture was determined by the thermostat-weight method in four repetitions of the experiment. Soil samples were taken layer by layer every 10 cm to a depth of 0–50 cm after 5 days when determining the timing of irrigation and 0–100 cm to calculate the total water consumption of corn.

The total water consumption of soybeans for individual interphase periods and for the entire growing season was determined by the water balance method according to the formula:

$$E = M + O + (W_h - W_k),$$

where

E – total water consumption for the billing period, m^3/ha ;

M – irrigation rate, m^3/ha ;

O – precipitation for the period, m^3/ha ;

W_h – moisture reserve in 0–100 cm soil layer during sowing, m³/ha;

W_k – moisture reserve in 0–100 cm soil layer during harvesting, m³/ha.

The accounting of precipitation was carried out according to the data of the agrometeorological station “Askania Nova”, with the correction of their amount in accordance with the indicator of the field rain gauge, which was installed directly on the experimental sites.

The water consumption coefficient was determined by the formula:

$$K_E = \frac{E}{B}, \text{ where}$$

Where, K_E is the coefficient of water consumption during the growing season, m³/t;

E – total water consumption, m³/ha;

B – grain yield, t/ha.

The calculated value of the irrigation rate m , mm, can be determined by the formula of A. N. Kostyakov [14]:

$$m = 100 \times v \times h \times (\beta_{hb} - \beta_{\phi}), \text{ where:}$$

m – irrigation rate, m³/ha;

v – is the bulk density of the soil, t/m³;

h – is the depth of the moistened soil layer, m;

β_{hb} – soil moisture, respectively HB, % of the mass of dry soil;

β_{ϕ} – actual soil moisture before irrigation, % of dry soil mass.

The results of the yield accounting were processed by methods of variance, correlation and statistical analysis using a personal computer and the MS Office “Excel” and “Agrostat” software and information complex [15; 16].

The goal is to scientifically substantiate the elements of soybean cultivation technology to optimize the total water consumption and increase productivity in the Southern Steppe of Ukraine using drip irrigation.

3. Results and discussion

Our observations during 2018–2020. showed that the total water consumption of soybean crops varied depending on all the factors studied in the experiment (Table 1).

Table 1.– Total water consumption of plants of soybean varieties and components of its balance under drip irrigation (average for 2018–2020)

Plant density, thousand plants/ha	Total water consumption, m ³ /ha	Components of the balance of water consumption					
		used moisture reserve active layer soil		rains		irrigation rate	
		m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
1	2	3	4	5	6	7	8
early ripening varieties							
300	4977	548	11.0	1579	31.7	2850	57.3
500	4996	567	11.3	1579	31.6	2850	57.0
700	5004	575	11.5	1579	31.6	2850	57.0
900	5018	589	11.7	1579	31.5	2850	56.8
1100	5039	610	12.1	1579	31.3	2850	56.6
group average	4963	578	11.5	1579	31.5	2850	56.9
medium early varieties							
300	5874	645	11.0	1579	26.9	3650	62.1
500	5884	655	11.1	1579	26.8	3650	62.0
700	5891	662	11.2	1579	26.8	3650	62.0
900	5896	667	11.3	1579	26.8	3650	61.9
1100	5899	670	11.4	1579	26.8	3650	61.9

1	2	3	4	5	6	7	8
group average	5889	660	11.2	1579	26.8	3650	62.0
mid-season varieties							
300	6595	680	10.3	1665	25.2	4250	64.4
500	6600	685	10.4	1665	25.2	4250	64.4
700	6610	695	10.5	1665	25.2	4250	64.3
900	6625	710	10.7	1665	25.1	4250	64.2
1100	6630	715	10.8	1665	25.1	4250	64.1
group average	6612	697	10.3	1665	25.2	4250	64.4

On average, over three years of research, it was found that during the growing season from sowing to full ripening of soybeans, the total water consumption in the study areas with drip irrigation increases with an increase in the growing season of varieties.

Based on the experimental options, the total water consumption for early ripening varieties is on average 4963 m³/ha, for medium early varieties – 5889 m³/ha. The maximum amount of moisture was consumed by soybean plants in the options for sowing mid-season soybean varieties on average – 6612 m³/ha.

Based on the data obtained, it can be observed that the longer the growing season, the higher the share of the irrigation rate in the structure of total water consumption. So, during the growing season of early ripening varieties, the share of the irrigation rate in the structure of total water consumption was 56.9%, mid-early – 62.0%, mid-ripening – 64.4%. Increasing on average over the years of research from 2850 m³/ha to 4250 m³/ha.

The share of participation of the value of soil moisture reserves in the structure of total water consumption in comparison with the irrigation rate has the opposite tendency. Consequently, the share in providing plants with water mainly depends on the adopted irrigation regime. Analyzing the data obtained, it can be noted that the maximum use of productive reserves of soil moisture, with a soil moisture content of 80% HB, depending on the research options, varies on average from 548 m³/ha (in early ripening varieties with a sowing density of 300 thousand plants/ha) to 715 m³/ha (for mid-sea-

son varieties with a seeding density of 1100 thousand plants/ha). In general, in the structure of total water consumption, the share of soil moisture reserves, depending on the year of study and on the variants of the experiment, varies from 10.3 to 12.1%.

Under irrigation conditions, the total water consumption of soybeans during the growing season is due to vegetative irrigation, productive moisture reserves in the soil, and effective precipitation.

The effectiveness of the irrigation regime of any crop is established by such indicators as the coefficient of water consumption, as well as the size and quality of the crop.

According to the ratio of indicators of total water consumption and yield of soybean varieties, the coefficients of water consumption of crops of soybean varieties of different ripeness groups at different census density were calculated (table 2).

According to factor A (variety), the highest water consumption coefficient, on average over the years of research, was observed in the early ripening variety Diona – 2039.8 m³/t with sparse sowing. The minimum value of the water consumption coefficient was shown by the mid-early variety Aratta, which used irrigation, soil and rain water most efficiently – 1197.4 m³ of water per one ton of grain with a plant density of 700 thousand plants ha.

The coefficient of water consumption of early maturing soybean varieties is significantly higher than for medium early varieties – 1638.2 m³/t, which is 373.8 m³/t or 29.5% more than the coefficient of water consumption of medium early varieties.

Table 2. – Water consumption coefficient and average evapotranspiration of soybeans under drip irrigation (average for 2018–2020)

Variety	Plant density, thousand plants/ha	Grain yield, t/ha	Water consumption coefficient, m ³ /t of grain	Average evapotranspiration, m ³ /day
Dione	300	2.44	2039.8	46.1
	500	2.60	1921.5	46.3
	700	2.82	1774.5	46.3
	900	2.94	1706.8	46.5
	1100	2.56	1968.4	46.7
Monarch	300	3.47	1434.3	45.2
	500	3.53	1415.3	45.4
	700	3.62	1382.3	45.5
	900	3.85	1303.4	45.6
	1100	3.51	1435.6	45.8
average for the group of early maturing		3.13	1638.2	45.9
Aratta	300	4.49	1308.2	49.4
	500	4.76	1236.1	49.4
	700	4.92	1197.4	49.5
	900	4.85	1215.7	49.5
	1100	4.51	1308.0	49.6
Sofia	300	4.37	1344.2	48.5
	500	4.69	1254.6	48.6
	700	4.85	1214.6	48.7
	2	3	4	5
	900	4.78	1233.5	48.7
	1100	4.43	1331.6	48.8
average for the group of mid-early		4.66	1264.4	49.1
Danae	300	5.39	1223.6	51.1
	500	5.42	1217.7	51.2
	700	5.31	1244.8	51.2
	900	5.25	1261.9	51.4
	1100	4.75	1395.8	51.4
Svyatogor	300	5.38	1225.8	50.3
	500	5.49	1202.2	50.4
	700	5.35	1235.5	50.5
	900	5.27	1257.1	50.6
	1100	4.77	1389.9	50.6
average for the group of mid-season		5.24	1265.4	50.9
LSD ₀₅ , t/ha		A – 0.12–0.15; B – 0.14–0.16; C – 0.11–0.15		

The indicators of the coefficient of water consumption of soybean varieties indicate an increase in the amount of moisture used for the formation of 1 ton of grain on drip irrigation in case of violation of the optimal density of plant cenosis, which depends on varietal characteristics and ripeness group. Plants of the middle early group of varieties use moisture most efficiently.

In order to effectively plan irrigation with the necessary hydronic module of the irrigation system, it is necessary to take into account the average daily evapotranspiration. Evapotranspiration is the total amount of water consumed by a plant, including evaporation from the soil surface and transpiration of water by plants under the influence of air and soil temperature, air humidity, solar radiation, wind, and the phase of plant development.

The maximum average value of the average evapotranspiration, according to factor A – 51.4 m³/day was determined for the Danae variety, the minimum value for the Monarch variety – 45.2 m³/day. For factor B (plant density), the maximum value of the average evapotranspiration was observed at a density of 1100 thousand plants/ha, the minimum at a density of 300 thousand plants/ha. On average for ripeness groups, the minimum average evapotranspiration was observed in medium early varieties on average over three years – 45.9 m³/day.

In the conditions of the arid steppe of Ukraine, for the rational use of natural resources and the production of high-quality soybean grain on irrigated lands within 3–5.5 t/ha, it is important to adjust the elements of the cultivation technology for each variety, taking into account the response to artificial moisture, plant density. To obtain the maximum yield when growing early ripening varieties of Dion, Monarch, it is necessary to form a plant density at the level of 900 thousand plants/ha; mid-early Aratta, Sofia – 700 thousand plants/ha; mid-season Danae, Svyatogor – 500 thousand plants/ha. This plant density allows the most economical use of irrigation water for the formation

of the maximum grain yield of soybean varieties of different ripeness groups.

Conclusions. It was found that during the growing season from sowing to full ripening of soybeans, the total water consumption in the study areas with drip irrigation increases with an increase in the duration of the growing season of soybean varieties.

The total water consumption for early ripening varieties is on average 4963 m³/ha, for medium early varieties – 5889 m³/ha. The maximum amount of moisture was consumed by soybean plants in the options for sowing mid-season soybean varieties on average – 6612 m³/ha.

Based on the data obtained, it was found that the longer the growing season, the higher the share of the irrigation rate in the structure of total water consumption. So, during the growing season of early ripening varieties, the share of irrigation norms in the structure of total water consumption was 56.9%, medium early – 62.0%, mid-ripening – 64.4%, having increased on average over the years of research from 2850 m³/ha to 4250 m³/ha.

The highest water consumption coefficient, on average over the years of research, was observed in the early ripening variety Diona – 2039.8 m³/t. The minimum value of the water consumption coefficient was shown by the Aratta variety – 1130.7 m³/t. The minimum values of this indicator for factor B (density) – 1197.4 m³/t at a seeding density of 700 thousand plants/ha.

The minimum value of the average evapotranspiration for the Monarch variety is 45.2 m³/day. According to factor B (plant density), the minimum at a density of 300 thousand plants/ha. On average for ripeness groups, the minimum average evapotranspiration was observed in medium early varieties – 45.9 m³/day. The most efficient use of moisture is the plants of the varieties of the middle early group.

In the conditions of the arid steppe of Ukraine, for the rational use of natural resources and obtaining high yields of soybeans on irrigated lands within

3–5.5 t/ha, it is important to adjust the elements of the cultivation technology for each variety, taking into account the response to artificial moisture and the density of plant cenosis. For the effective use of irrigation water and obtaining the maximum grain yield when growing early ripening varieties of Dion, Monarch, it is necessary to form a plant density at the level of 900 thousand plants/ha; mid-early Aratta, Sofia – 700 thousand plants/ha; mid-season Danae, Svyatogor – 500 thousand plants/ha.

References:

1. The technology that saved the world from hunger: drip irrigation. Aggeek. 16 авреля 2018. URL: <https://aggeek.net/ru-blog/tehnologiya-kotoraya-spasla-mir-ot-goloda-kapelnoe-oroshenie>
2. Taherzadeh O., Caro D. Drivers of water and land use embodied in international soybean trade Journal of Cleaner Production. – 20 June. – Vol. 223.2019. – P. 83–93. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.068>.
3. Marchenko T., Borovik V., Lavrynenko Y., Klubuk V. Manifestation and variability of the singn “number of beans on productive nodes of paints” in hybrids and varieties of different “groups of maturity. Danish Scientific Journal (DS). Istedgade 1041650, Copenhagen Denmark, – No. 41.2020. – P. 3–6. URL: http://www.danish-journal.com/wp-content/uploads/2020/11/DSJ_41_2.pdf. ISSN3375–2389
4. Akhmedov A. D., Temerev A. A., Galiullina E. Yu. Reliability of the drip irrigation system. Agronomy Forestry. – No. 3(19). 2010. – P. 1–6.
5. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Lytov M. N., Belik O. A. Features of soil irrigation with drip irrigation of crops. Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex, – No. 4.2009. – P. 22–25.
6. Matev A., Petrova R. Evapotranspiration of Soybean Grown by Different Irrigation Regime. Plant science. – Sofia. Agricultural academy. – No. 50.2013. – P. 43–51.
7. Rahman T., Liu X., Hussain S., Ahmed S., Chen G., Yang F. Water use efficiency and evapotranspiration in maize-soybean relay strip intercrop systems as affected by planting geometries. PLoS ONE. – No. 12(6). 2017. e0178332. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178332>
8. Yang F., Huang S., Gao R. C., Liu W. G., Yong T. W., Wang X. C. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red far-red ratio. Field Crops Res. – No. 155. 2014. – P. 245–253.
9. Cui L., Su B. Y., Yang F., Yang W. Y. Effects of photosynthetically active radiation on photosynthetic characteristics and yield of soybean in different maize-soybean relay strip intercropping systems. Sci. Agric. Sin. – No. 47. 2014. – P. 1489–1501.
10. Yang F., Wang X. C., Liao D. P., Lu F. Z., Gao R. C., Liu W. G. Yield response to different planting geometries in maize-soybean relay strip intercropping systems. Agron. J. – No. 107. 2015. – P. 296–304.
11. Orjuela-Abril S., Rojas-Suárez J. P., Duarte-Forero J. E. Estudio de desempeño y emisiones en motores diesel operando con biodiesel a partir de aceite de soja y emulsiones de agua. Aibi Revista De investigación, administración E ingeniería. – No. 9(1). 2021. – P. 19–29. URL: <https://doi.org/10.15649/2346030X.935>
12. Wang W. S., Wang C., Pan D. Y., Zhang Y. K., Luo B., Ji J. W. Effects of drought stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence images of soybean (*Glycine max*) seedlings. Int J Agric & Biol Eng. – No. 11(2). 2018. – P. 196–201.
13. Wang D., Shannon M., Grieve C., Yates S. Soil water and temperature regimes in drip and sprinkler irrigation, and implications to soybean emergence. Agricultural Water Management. – No. 43(1). 2000. – P. 15–28. URL: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(99\)00057-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(99)00057-8)

14. Pisarenko V. A., Andreyuk E. I., Dulgerov A. N. Recommendations on the regime of irrigation of agricultural crops taking into account the microbiological state of soils in Ukraine.– Kiev: Naukova Dumka, 1985.– 26 p.
15. Ushkarenko V. O., Nikishenko V. L., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments: a monograph.– Kherson: Aylant, 2009.– 372 p.
16. Ushkarenko V. O., Vozhegova R. A., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Methods of field experiment (Irrigated agriculture).– Kherson: Green DS, 2014.– 448 p.

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-25-31>

*Repilevsky D. E.,
candidate for higher education
with a Doctor of Philosophy,
E-mail: borakruzer@gmail.com*

*Ivaniv M. O.,
Ph.D., Associate Professor,
Acting Head of the Department of Crop and Agricultural Engineering,
Kherson State agrarian and economic University, Kherson, Ukraine
E-mail: ivaniv.nikoly@gmail.com*

MOISTURE SUPPLY AND WATER CONSUMPTION OF CROPS OF HYBRIDS OF CORN AT VARIOUS WAYS OF WATERING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

Abstract. Modern methods of irrigation are considered as a key factor in the intensification of technologies for growing grain corn. The productivity of the crop as a result of the optimization of the water regime increases from 100 to 300% in comparison with non-irrigated conditions. The aim of the research was to study the effect of sprinkler irrigation, drip irrigation and subsurface irrigation on the yield of grain corn.

Keywords: hybrid, maize, FAO group, water consumption, sprinkling, drip irrigation, ground irrigation.

1. Introduction

Many years of scientific research and production experience show that with the optimization of all components of the irrigated agriculture system, it is possible to obtain consistently high yields of crops annually. Thus, due to the improvement of water and nutrient regimes of the soil at a high technological level of agriculture, it is possible to increase the yield by 2–3 times, and in dry years – by 4–5 times [1–3].

A significant component of the agricultural system is the method of watering, which, along with improving the moisture content of plants, enhances the action of other factors in the direction of increasing yields and increasing profits. In addition, it is important to study the characteristics of water consumption of plants, because these experimental data can be used to optimize artificial moisture by supplying the required amount of water during pe-

riods of maximum demand (in the so-called “critical periods” of plant growth and development) [4–6].

In modern practice of irrigated agriculture there are three main methods of irrigation:

Sprinkling – watering by sprinkling is that water is sprayed over the surface of plants in the form of fine droplets, thus creating a complete imitation of rain. Irrigation by sprinkling allows to keep soil structure.

Drip – the essence is to use pipes that run underground or above it and supply water in metered portions directly to the root zone of plants using special drips. Drip irrigation causes minimal water consumption, as it allows plants to consume the received moisture completely, it allows to save essentially not only on water resources, but also on fertilizers and the electric power. This method maintains optimal soil moisture, promotes active plant growth and helps accelerate crop ripening.

Underground – is realized by direct supply of water to the root system of plants with the help of special humidifiers. Pipes with irrigation devices are installed at a small depth under the soil layer, which determines the name of this type of irrigation. Such a system is very convenient, as it does not interfere with various works on the site with vegetation and does not change the structure of the earth's surface, but it is not very popular due to the high cost and complexity of installation [7; 8].

2. Materials and methods

The experiments were carried out according to the thematic research plan of the Kherson State Agrarian and Economic University on the assignment "Implementation of the technology of growing major agricultural crops". Field experiments were carried out in the Agrobusiness agrofirma of the Kakhovsky district of the Kherson region, located in the South Steppe agroecological zone and within the range of the Kakhovka irrigation system. The soil of the experimental site is southern middle loamy chernozem.

The moisture content of the soil was determined by the thermostat-weight method on two repetitions of the experiment. Soil samples were taken layer by layer every 10 cm to a depth of 0–50 cm in the interphase periods of corn plants when determining the timing of irrigation and 0–100 cm for calculating the total water consumption of corn. The determination was repeated four times.

The total water consumption of corn for individual interphase periods and for the entire growing season was determined by the water balance method according to the formula:

$$E = M + O + (W_h - W_k),$$

where

E – total water consumption for the calculation period, m^3/ha ;

M – irrigation rate, m^3/ha ;

O – precipitation for the growing season, m^3/ha ;

W_h – moisture reserve in 0–100 cm layer of soil on the stairs, m^3/ha ;

W_k – moisture reserve in 0–100 cm layer of soil during harvesting, m^3/ha .

Precipitation was recorded according to the data of the agrometeorological station "Askania Nova", with the adjustment of their amount in accordance with the indicators of the soil rain gauge, which was installed directly on the experimental sites.

The coefficient of water consumption was determined by the formula:

$$K_E = \frac{E}{B},$$

K_E – water consumption coefficient for the growing season, m^3/t ;

E – total water consumption, m^3/ha ;

B – grain yield, t/ha .

The irrigation rate was calculated from the moisture deficit of the calculation layer according to the formula of A. N. Kostyakova:

$$m = 100 \times v \times h \times (b_{nv} - b_f),$$

where,

m – irrigation rate, m^3/ha ;

v – volume mass of soil, t/m^3 ;

h is the depth of the moistened soil layer, m ;

b_{nv} – soil moisture, respectively HB, % by weight of dry soil;

b_f – actual soil moisture before watering, % by weight of dry soil.

To establish the rate of response of maize hybrids to technological conditions, the effect of different irrigation methods on grain yield was studied: irrigation by sprinkling with the Zimmatic unit; drip irrigation; subsoil irrigation with a level of pre-irrigation soil moisture of 80% HB in the soil layer 0–50 cm Control – natural moisture. Repeat four times, the sown area of the plot of the second order – $75 m^2$, accounting – $50 m^2$.

Agricultural techniques for growing maize hybrids in the experiments were generally accepted for the southern region of Ukraine. Predecessor – Soya. The experiments were conducted in accordance with generally accepted methods in 2018–2020. Mathematical processing of research results was carried

out by the method of analysis of variance using the Agrostat computer software package [9; 10].

The aim of our research is to determine the response of maize hybrids of different FAO groups to different irrigation methods.

3. Results and discussion

Total water consumption is a complex indicator that reflects the amount of water used by the crop for transpiration and formation of biological mass of plants, as well as for physical evaporation from the soil. Total water consumption is not a constant indicator, it varies considerably depending on the weath-

er conditions of the growing season, the moisture content of plants, the level of agricultural technology, etc. [11–13].

Our observations in 2018–2020. It was shown that the total water consumption of crops varies depending on the hybrid composition.

On average, for FAO hybrid groups, the maximum total water consumption of maize plants – 6024 m³/ha was set for hybrids of the middle-late group. According to factor B (irrigation method), the highest indicator is set for the subsoil irrigation method – 7198 m³/ha (Table 1).

Table 1. – Total water consumption of maize hybrids of different FAO groups and components of its balance (average for 2018–2020)

Watering method	total water consumption, m ³ /ha	components of water consumption balance					
		moisture is used from soil reserves		rain		irrigation rate	
		m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
hybrids FAO 180–190							
Without watering, control	2829	1250	44.2	1579	55.8	0	0.0
drip irrigation	4169	840	20.1	1579	37.9	1750	42.0
sprinkling	4307	898	20.8	1579	36.7	1830	42.5
underground irrigation	4594	895	19.5	1579	34.4	2120	46.1
group average	3975	971	26.0	1579	41.0	1900	43.5
hybrids FAO 250–290							
Without watering, control	2899	1320	45.5	1579	54.5	0	0.0
drip irrigation	4554	855	18.8	1579	34.7	2120	46.6
sprinkling	4812	883	18.3	1579	32.8	2350	48.8
underground irrigation	5011	872	17.4	1579	31.5	2560	51.1
group average	4319	983	25	1579	38.0	2343	48.8
hybrids FAO 320–350							
Without watering, control	2929	1350	46.1	1579	53.9	0	0.0
drip irrigation	5748	909	15.8	1579	27.5	3260	56.7
sprinkling	5942	993	16.7	1579	26.6	3370	56.7
underground irrigation	6114	955	15.6	1579	25.8	3580	58.6
group average	5183	1052	24.0	1579	33.0	3403	57.3
hybrids FAO 420–430							
Without watering, control	3045	1380	45.3	1665	54.7	0	0.0
drip irrigation	6827	912	13.4	1665	24.4	4250	62.3
sprinkling	7029	984	14.0	1665	23.7	4380	62.3
underground irrigation	7198	963	13.4	1665	23.1	4570	63.5
group average	6025	1060	22.0	1665	31.0	4400	62.7

The maximum indicator of total water consumption in a layer of 0–100 cm, on the average for 2018–2020 years – 7198 m³/ha is established in the middle-late group of hybrids for underground irrigation.

It is also noted that the maximum amount of water used to form a unit of yield from soil reserves is observed in the control version without irrigation.

We have determined that for the cultivation of maize hybrids without irrigation, water consumption of hybrids occurs due to precipitation and soil moisture reserves in different ways depending on the FAO group. Thus, on average over the years of research, on crops of hybrids of medium-ripe and mid-late maturity groups, the total water consumption of corn from the soil layer 0–100 cm was 51836024 m³/ha, and early-ripe and middle-early groups – 3974, 4319 m³/ha and significantly depended on precipitation fell during the growing season.

The share of precipitation in hybrids of early-ripening and middle-early groups in the balance of total water consumption was 41.9 and 38.6%, in middle-ripening and middle-late hybrids of corn – 32.4 and 28.0%, respectively.

During the cultivation of maize on irrigation, the total water consumption of medium-ripe (FAO 320–350) and medium-late (FAO 420–430) hybrids over the years of research has doubled compared to control plots and amounted to 5935 and 7018 m³/ha, respectively.

At the same time, the irrigation rate in the total water consumption of medium-ripe and medium-late hybrids accounted for an average of 57.3 and 62.7%. The use of soil moisture reserves decreased by 30.5 and 31.9% compared to crops of hybrids of the same maturity groups without irrigation.

Analysis of the structure of the total water consumption of maize hybrids for the study period 2018–2020 years. Shows that the specific weight of soil moisture from the soil layer 0–100 cm was 44.2–46.1% in areas without irrigation, 13.4–20.8% in irrigation; the share of precipitation without irrigation – 53.9–55.8%, on irrigation – 23.1–37.9%, the share of irrigation – 42.0–63.5%. That is, the main part of the total water consumption is irrigation water.

It should be noted that even after irrigation, the amount of precipitation during the growing season is significant – 23.1–24.4% of the balance of the total water consumption of medium-ripe and medium-late hybrids of corn. Thus, with a high level of natural moisture supply, the need for irrigation of corn decreases.

Irrigation efficiency is determined and evaluated through a water consumption ratio that shows how much moisture is used to produce 1 ton of corn grain. Improving the conditions of moisture supply leads to a decrease in the coefficient of water consumption of maize hybrids (table 2).

Table 2. – Water consumption rate, drought tolerance rate and payback of irrigation water for maize hybrids of different FAO groups depending on irrigation methods (average for 2018–2020)

Hybrids (factor A)	The method of watering (factor B)	yield, t/ha	coefficient water con- sumption, m ³ /t	coefficient drought resistance	payback ir- rigation water growth yields grain, kg/m ³
1	2	3	4	5	6
DN Palanok (FAO 180)	Without watering, control	5.06	571.5	–	–
	drip irrigation	10.24	393.5	0.490	2.96
	sprinkling	9.64	446.4	0.529	2.50
	underground irrigation	10.11	440.1	0.497	2.38
	group average	8.76	470.5	0.509	2.61

1	2	3	4	5	6
DB Lada (FAO 190)	Without watering. control	5.43	609.7	–	–
	drip irrigation	10.09	399.9	0.466	2.66
	sprinkling	9.48	446.9	0.496	2.21
	underground irrigation	9.88	454.2	0.481	2.09
	group average	8.72	485.5	0.481	2.32
group average FAO 180–190		8.74	478.0	0.495	2.47
DN Galatea (FAO 250)	Without watering. control	2.96	1017.2	–	–
	drip irrigation	11.36	400.2	0.255	3.96
	sprinkling	9.98	474.0	0.289	2.97
	underground irrigation	10.67	476.9	0.279	3.01
	group average	8.74	630.5	0.272	3.32
DN Svityaz (FAO 290)	Without watering. control	2.99	1010.1	–	–
	drip irrigation	11.58	397.7	0.255	4.05
	sprinkling	10.39	460.1	0.282	3.15
	underground irrigation	11.23	439.1	0.258	3.22
	group average	8.88	622.6	0.269	3.47
group average FAO 250–290		8.81	626.6	0.270	3.40
Askania (FAO 320)	Without watering. control	2.65	1113.7	–	–
	drip irrigation	15.46	372.4	0.172	3.93
	sprinkling	13.91	429.6	0.196	3.34
	underground irrigation	14.23	425.8	0.187	3.23
	group average	11.56	585.4	0.185	3.50
DN Bulat (FAO 350)	Without watering. control	2.73	1080.8	–	–
	drip irrigation	15.27	382.4	0.182	3.85
	sprinkling	13.55	440.8	0.207	3.21
	underground irrigation	14.11	434.8	0.197	3.18
	group average	11.42	634.6	0.195	3.53
group average FAO 320–350		11.49	610.0	0.190	3.52
Primorski (FAO 420)	Without watering. control	2.01	1561.5	–	–
	drip irrigation	17.14	395.8	0.114	3.56
	sprinkling	16.08	427.7	0.121	3.21
	underground irrigation	16.62	427.1	0.118	3.20
	group average	12.96	703.1	0.118	3.32
DN Rava (FAO 430)	Without watering. control	2.00	1594.2	–	–
	drip irrigation	17.27	393.0	0.111	3.59
	sprinkling	16.33	420.9	0.117	3.27
	underground irrigation	16.73	422.8	0.114	3.22
	group average	13.08	707.7	0.114	3.36
group average FAO 420–430		13.02	705.4	0.116	3.34
LSD05. t/ha factor A		0.14			
factor B		0.16			
AB interaction		0.18			

According to the indicators of total water consumption and yield of maize hybrids, the coefficient of water consumption of crops per unit of yield was established. According to factor A (hybrid), the lowest water consumption ratio, on average over the years of research, was observed in the hybrid Askania (FAO 350) – 372.4 m³/t, hybrids DN Palanok (FAO 180) – 393.5 m³/t, hybrid DN Rava (FAO 430) – 393.0 m³/t. The maturity group of the hybrid had almost no effect on the water consumption ratio. The minimum values of this indicator for factor B (irrigation method) – 391.9 m³/t were recorded on drip irrigation, which is 677.9 m³/t less than in the control version without irrigation.

The water consumption rate of maize hybrids in the control variant is much higher than for irrigation. This difference is especially noticeable when growing mid-late hybrids. On average, for all irrigation methods, the water consumption coefficient in all studied hybrids decreased moderately with the growth of the FAO group and was the lowest in FAO hybrids 320–430 Askania, DN Bulat, Primorsky, DN Rava (409.3–419.3). The lowest indicators of the water consumption coefficient were observed in drip irrigation, especially in hybrids with a longer growing season, which is primarily due to the level of their yield.

Indicators of the coefficient of water consumption of maize hybrids indicate an increased level of efficiency in the use of moisture for the formation of 1 ton of grain under drip irrigation using maize hybrids of intensive type on underground irrigation. With natural moisture supply, early-maturing maize plants (FAO 180–190) are most efficiently used.

An indicator such as the payback of irrigation water by the additional grain harvest due to irrigation is also quite important (see table 2).

On the average for three years of researches on all hybrids with carrying out vegetative waterings this indicator made from 3.026 kg/m³ in underground irrigation to 3.675 kg/m³ on drop irrigation that testifies to prospects of use of a drop method of watering.

To establish the relationship between the payback of irrigation water by the increase in grain yield, kg/m³ and the grain yield of maize hybrids of different maturity groups, a correlation calculation was performed. By processing the obtained data, it was established that there is a close interaction between the indicator “irrigation water payback” and “hybrid yield”. The correlation coefficient was $r = 0.571$. This indicates that the technology of growing corn under irrigation should take into account the genotype of the hybrid and the corresponding methods of watering.

This indicates the need to grow maize hybrids on irrigated lands of the relevant FAO groups. For natural moisture, it is necessary to use hybrids with high drought resistance. The drought resistance coefficient of such hybrids should be in the range of 0.4–0.5 (see table 2). Such hybrids can provide grain yield without watering in the range of 3–5 t/ha and have a maturity group for FAO 180–250.

It should also be noted that the payback of irrigation water by an additional increase in grain yield increased in hybrids with a longer growing season.

Conclusion

On the basis of the conducted researches it is confirmed that irrigation, in a complex with other agricultural receptions, is the key factor of intensification of growth processes and formation of productivity of crops of grain corn.

Studies have shown that the maximum total water consumption in the layer is 0–100 cm, on average for 2018–2020–7198 m³/ha in the middle-late group of hybrids for groundwater irrigation.

The lowest average water consumption rate over the years of research – 391.9 m³/t was on drip irrigation, which is 677.9 m³/t less than in the control version without irrigation.

It was found that on average over three years of research on all hybrids with vegetative irrigation, the payback rate of irrigation water ranged from 3.0263 kg/m³ in groundwater irrigation to 3.675 kg/m³ on drip irrigation.

When growing maize hybrids with a longer growing season, the payback of irrigation water increased in comparison with early-maturing and middle-early groups.

References:

1. Lavrynenko Yu.O., Hozh O. A., Vozhegova R. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural science and practice.* – No. 1. 2016. – P. 55–60. Doi.Org/10.15407/Agrisp3.01.055.
2. Barlog P., Frckowiak-Pawlak K. Effect of Mineral Fertilization on Yield of Maize Cultivars Differing in Maturity Scale. *Acta Sci. Pol. Agricultura.* – No. 7. 2008. – P. 5–17.
3. Romashchenko M., Shatkowski A., Zhuravlev O. Features of application of the “Penman-Monteith” method for conditions of a drip irrigation of the Steppe of Ukraine (on example of grain corn). *Journal of Water and Land Development.* – No. 31. 2016. – P. 123–127. DOI: 10.1515/jwld-2016–0043.
4. Vozhehova R. A., Kokovikhin S. V., Lavrynenko Y. O., Lykhovyd P. V., Biliaeva I. M., Drobitko A. V., Nesterchuk V. V. Assessment of the CROPWAT 8.0 software reliability for evapotranspiration and crop water requirements calculations. *Journal of Water and Land Development. Polish Academy of Sciences (PAN) in Warsaw.* – No. 39 (X–\$5II). 2018. – P. 147–152. URL: <http://www.degruyter.com/view/j/jwld> DOI: 10.2478/jwld-2018–0070
5. Gadzalo Y. M., Vozhegova R. A., Kokovikhin S. V., Bilyaeva I. M., Drobitko A. V. Scientific substantiation of technologies of corn cultivation on irrigated lands taking into account hydrothermal factors and climate change. *Irrigated agriculture.* – Kherson: Helvetica. – No. 73. 2020. – P. 21–26. URL: <https://doi.org/10.32848/0135–2369.2020.73.3>.
6. Marchenko T. Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph.* – Lviv; Torun: Liha-Pres, 2019. – P. 137–153. DOI: 10.36059/978–966–397–154–4/135–152.
7. Shatkovsky A. P., Zhuravlyov O. V., Melnichuk F. S., Ovchatov I. M., Yarosh A. V. Influence of irrigation methods on the productivity of corn. *Crop and soil science.* – Vol. 11. – No. 4. 2020. – P. 34–42. Doi.org10.31548 / agr2020.04.034.
8. Ushkarenko V. O., Nikishenko V. L., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Dispersion and correlation analysis of the results of field experiments: a monograph. – Kherson: Aylant, 2009. – 372 p.
9. Ushkarenko V. O., Vozhegova R. A., Goloborodko S. P., Kokovikhin S. V. Methods of field experiment (Irrigated agriculture). – Kherson: Green DS, 2014. – 448 p.
10. Nosko B. S., Patika V. P., Tarariko O. G. and others. Ways to increase soil fertility in modern conditions of agricultural production (recommendations). – K.: Agrarna nauka, 1999. – 111 s.
11. Averchev O. V., Lavrynenko Y. O., Mikhalenko I. V., Ivaniv M. O. Biometric indicators of maize hybrids and their relationship with grain yield under different methods of irrigation and moisture in the arid steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin.* – No. 111. 2020. – P. 3–13.
12. Averchev O. V., Ivaniv M. O., Lavrynenko Y. O. Indices of yield and effective productivity in maize hybrids of different FAO groups under different methods of irrigation and moisture in the arid steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin.* – No. 114. 2020. – P. 3–12. URL: <https://doi.org/10.32851/2226–0099.2020.114.1>.

Section 3. Technical sciences

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-32-36>

Hajiyeva Tarana Adylevna,

Dissertation candidate,

Azerbaijan State University Oil and Industry,

Baku, Azerbaijan

E-mail: Taranahaciyeva@yandex.ru

SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN ONCOLOGY

Abstract. The rapid growth of information technology can bring modern medicine to a new level of development. Computerized decision support systems (DSS) represent a paradigm shift in modern healthcare. They can be used to empower physicians in complex decision-making processes. The developed decision support system, based on fuzzy logic, is designed to assist medical workers by combining the doctor's experience with information and suggestions provided in the DSS. The system consists of software designed to directly aid medical decision making, in which patient data is matched against a computerized knowledge base and then the results and recommendations are presented to the physician. The system is not a substitute for a doctor, but acts as an expert, reference material and competent consultant in the field of oncology.

Keywords: oncological diseases, fuzzy logic, knowledge bases.

Гаджиева Тарана Адылевна,

Диссертант, Азербайджанский Государственный Университет

Нефти и Промышленности, Баку, Азербайджан

E-mail: Taranahaciyeva@yandex.ru

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В ОНКОЛОГИИ

Аннотация. Стремительный рост информационных технологий способны вывести современную медицину на новый уровень развития. Компьютеризированные системы поддержки принятия решений (СППР), представляют собой смену парадигмы в современном здравоохранении. Они могут быть использованы для расширения возможностей врачей в сложных процессах принятия решений. Разработанная система поддержки принятия решений, на основе нечёткой логики, предназначена для оказания помощи медицинским работникам, путём объединения опыта врача с информацией и предложениями, предоставленными в СППР. Система состоит из программного обеспечения, предназначенного для непосредственного оказания помощи в принятии медицинских решений, в котором данные пациента сопоставляются с ком-

пьютеризированной базой знаний, а затем врачу представляются результаты и рекомендации. Система не является заменителем врача, а выступает в роли эксперта, справочного материала, компетентного консультанта в области онкологии.

Ключевые слова: онкологические заболевания, нечёткая логика, базы знаний.

Введение. Разработка «оружия» для борьбы с раком является одной из фундаментальных задач, которые ставит перед собой медицина. Наиболее наукоёмкая медицинская дисциплина, онкология, находится в авангарде предстоящих изменений. При помощи инновационных технологий, становится выполнимо решение проблем, реализация которых, учитывая уровень сложности и ограниченность человеческих возможностей, была малоэффективна. «Опыт врача» – это единственное, на что основывается, из-за отсутствия времени на консультации и расширенные исследования, принятие экстренных решений [1]. В таких случаях помощь самообучающихся многофакторных систем поддержки принятия решений, на основе нечёткой логики, гарантируют оптимальность и эффективность выбора. СППР могут быть интегрированы в рабочие процессы как стратегически (например, хирургическое вмешательство или лучевая терапия), так и тактически (на уровне специалиста для поддержки техники лечения).

Компьютерные системы поддержки принятия решений, можно проследить ещё с 70-х годов прошлого века. Слабое математическое и информационное обеспечение, системная интеграция, ограниченные возможности и требование значительного времени на обработку данных препятствовало практическому использованию систем того времени. Внедрение же современных систем поддержки принятия решений способно повысить оперативность и точность постановки диагнозов, а также эффективность лечения и реабилитацию. Врачебные ошибки – это результат неверной лечебной работы, приводящие трагическим последствиям. СППР создаются для того, чтобы дать медикам современные, эффективные, многофункциональные инструменты, способные значительно

улучшить качество диагностики и лечения, а также уменьшить количество негативных случаев [2].

Выявление онкологических заболеваний, особенно важно на ранней стадии, когда возможно полное исцеление больного, но не всегда удаётся предупредить риск их развития, так как болезнь в этот период, как правило, не имеет ярко выраженных клинических проявлений и ведёт себя спокойно. Развитие технологий кардинальным образом меняет ситуацию, позволяя брать под контроль механизмы проявления рака и предоставлять врачам возможность своевременного обнаружения болезни. СППР значительно сокращает время необходимое для постановки диагноза, повышает качество обработки исследований и уровень лечения. Непосредственно в момент проведения анализа данных и диагностики, система даёт качественные вычислительные инструменты для обработки результатов обследования, при этом избавляет врача от большого количества рутинных дел, так как помогает на различных этапах работ с пациентом [3].

Данная работа, направлена на оказание помощи врачам-онкологам в постановке точного диагноза на ранней стадии и возможно спасение чьей-то жизни.

Исследовательские работы. На сегодняшний день рак является второй из основных причин смертности в мире, после сердечно-сосудистых заболеваний. Не только онкологи, но и учёные всех отраслей наук, по всему миру, объединяют усилия для решения этой проблемы, так как заболеваемость растёт, а выживаемость не увеличивается, что делает эту проблему особенно актуальной. К примеру, с возрастом риск развития рака поджелудочной железы повышается. Большинство больных с таким диагнозом старше 40 лет, но это вовсе не означает, что шансы выявления болезни

в более раннем возрасте сведены к минимуму. На сегодняшний день отмечается «омоложение» онкологических заболеваний. Загрязнённость окружающей среды, неправильный рацион и употребление канцерогенных продуктов питания, бесконтрольный приём лекарственных средств, воздействие радиационных и токсичных веществ, слабый иммунитет, внутриутробные патологии, генетические мутации, наследственный фактор, детский диабет, наличие воспалительных заболеваний мочевыделительной и пищеварительной системы, злоупотребление родителями наркотических веществ могут спровоцировать развитие рака в поджелудочной железе и у ребёнка [4]. За последние годы в четыре раза повысилась заболеваемость, в связи с ожирением в подростковом возрасте. Рак поджелудочной железы обнаруживается труднее, чем другие онкологические болезни, из-за своего местоположения. Отличительной чертой заболевания является её большая агрессивность и быстрое распространение в другие органы. Для детского организма такое явление очень опасно. Прогноз этого заболевания не самый радужный, выживаемость их составляет всего 20%. Крупная железа человеческого организма является уникальным многофункциональным органом, который одновременно выполняет экзокринную и эндокринную функцию. Рак поджелудочной железы часто диагностируется у больных диабетом. Причина этой связи на сегодняшний день неизвестна. Темпы роста и распространённости сахарного диабета приобретают колоссальные масштабы, приравняемые к мировой катастрофе. Только в Азербайджане на 2020 год, 272842 человека находятся на учёте с диагнозом диабет, то есть каждый 40-й. А сколько их ещё не учтённых? Ростом количества больных сахарным диабетом, повышает опасность увеличения числа пациентов с диагнозом рака поджелудочной железы.

В России с 2021 года, в рамках программы цифровизации системы здравоохранения, создаётся единая база медицинских данных, которая

предназначена для обучения искусственного интеллекта. Для этого в неё включаются результаты всех проводимых исследований и анализов. Российская IT-компания «ТехЛАБ», создала систему поддержки принятия врачебных решений, Galenos, содержащая в себе множество инструментов для обработки данных пациентов и на их основе выдачи рекомендаций о лечении. На его базе разработаны наборы модулей «Galenos.Диагностика», «Galenos.Рекомендации», «Онкопорт пациента», «Galenos.Аудит», «Galenos.АИСПАТ», «Galenos.12ВЗН». С помощью этой технологии пользователь получит доступ как к знаниям, накопленным системой, а также к данным, загруженным из вертикально интегрированной медицинской информационной системы «Онкология», что позволяет снизить нагрузку на специалистов в данной области [5]. В 2020 году, профессор Утрехтского университета, Нидерланды, Аббинг Г.Р., в статье «Инновационные технологии в здравоохранении, остерегайтесь подводных камней», обращает внимание на использование искусственного интеллекта в медицине. По её мнению, технологии E- и m-health имеют преимущества, так как предоставляют более целенаправленную и персонализированную медицину. Работа ИИ заключается в анализе и сравнении конкретных данных о пациентах с большим количеством в основном анонимных и агрегированных данных от других пациентов. Технологию также можно использовать, для раннего прогнозирования, обнаружения, диагностики и поддержки принятия решений [6]. Работа кандидата технических наук Юго-западного Государственного университета России, Бабкова А.С. на тему «Превентивная диагностика онкологических заболеваний желудка при скрининге с помощью системы поддержки принятия классификационных решений», исходит из гипотезы об информативности крови, как соединительной ткани, выполняющей транспортные функции. На базе изученного материала предложена информа-

ционно-аналитическая модель поддержки принятия решений для скрининг-диагностики рака желудка, которая предусматривает экспертное заключение, на основе дисперсионного анализа, а также использование информационного критерия Кульбака или критерия Стьюдента. Автор считает, что применение системы позволит повысить эффективность медицинских осмотров для выявления заболевания на ранней стадии и принятия решение о необходимости госпитализации или клинического обследования [7]. Важность компьютерной СППР в области медицины, из-за растущей информационной нагрузки, отмечают также Литвин А. А. и Литвин В. А., из Белорусского государственного университета, в статье «Системы поддержки принятия решений в хирургии». Они предлагают технологию, которая обеспечивает сбор, анализ данных, математическое моделирование, разработка альтернатив и выбор метода диагностики и лечения. Наиболее эффективным, по их мнению, являются использование технологий ИИ в сложных клинических случаях [8]. В 2019 году Судзуки К. и Чен Ю. из Токийского технологического института инновационных исследований, в работе «Искусственный интеллект в системах поддержки принятия решений для диагностики в медицинской визуализации», предлагают первый всесторонний обзор технологий искусственного интеллекта в системах поддержки принятия решений для диагностики на основе медицинских изображений. Исследуемая, интеллектуальная технология визуализации, представляет собой справочное руководство, которое даёт информацию о со-

стоянии здоровья пациентов, на основе медицинских изображений [9]. Итоги исследования, проведённого Крупински Э. А., из Департамента радиологии и визуализации университета Эмори, Атланта, в 2020 году, «Важность программного обеспечения поддержки принятия решений для онкологически больных», показали, что программное обеспечение для обмена информацией может облегчить общение между пациентом и врачом, позволяя совместно принимать решения. Инструменты искусственного интеллекта, могут помочь анализировать и классифицировать данные, а также оптимизировать и поддерживать рабочий процесс [10].

Заключение. В результате обзора исследований можно сделать следующие выводы: В эпоху колоссальных объёмов информации и повышения требований к здравоохранению, увеличивается и требования к информационным системам. Эффективность диагностики и лечения онкологических заболеваний, в ранней стадии, в большой степени зависит от скорости принятия решений. Использование инновационных приложений даёт множество преимуществ для облегчения работы врачей: оценивает состояние больного, устанавливает наличие в анамнезе случая рака, проводит обработку анализов, повышает оперативность, помогает в постановке достоверных диагнозов, а также в назначении оптимального лечения и реабилитации. Проведённый обзор и анализ в области применения различных методов диагностики и лечения рака современными информационными технологиями, подтверждают актуальность и значимость этих исследований.

Список литературы:

1. Черенков В. Г. // Клиническая онкология // – Москва, Россия, 2010.
2. Устинова Е. Ю. // Инновационные технологии в управлении качеством медицинской помощи больным со злокачественными новообразованиями // – Воронеж, Россия, 2010.
3. Федякова Н. Н. Федяков К. И. Сорокина Ю. А. // Анализ информационных систем принятия решений // – Саранск, Россия, 2016.
4. Горшенина Е. И. // Поджелудочная железа // – Москва, 2018.

5. Конгресс // Информационные технологии в медицине // платформа «ТехЛАБ», – Москва, 2021.
6. Аббинг Г. Р., // Инновационные технологии в здравоохранении, остерегайтесь подводных камней // – Утрехт, Нидерланды, 2020.
7. Бабкова А. С. // Превентивная диагностика онкологических заболеваний желудка при скрининге с помощью системы поддержки принятия классификационных решений // – Курск, Россия, 2018.
8. Литвин А. А., Литвин В. А. // Системы поддержки принятия решений в хирургии // – Минск, Беларусь. 2018.
9. Судзуки К., Чен Ю., // Искусственный интеллект в системах поддержки принятия решений для диагностики в медицинской визуализации // – Токио, Япония, 2019.
10. Крупински Э. А., // Важность программного обеспечения поддержки принятия решений для онкологически больных // – Атланта, Джорджия, США, 2020.

Section 4. Electrical engineering

<https://doi.org/10.29013/EJTNS-21-6-37-43>

*Alimova Nodira Batirdzhanovna,
DSC in technics, professor
Department of Mechatronics and Robotics,
Tashkent, Uzbekistan*

*Yarmukhamedov Alisher Agbarovich,
PHD in Technics, associate professor,
Department of Radio engineering devices and systems,
Tashkent state technical university, Tashkent, Uzbekistan
E-mail: nali71@yandex.com*

THEORETICAL RESEARCH AND COMPUTER SIMULATION OF COMPOSITE TRANSISTORS MADE OF A SEMICONDUCTOR MATERIAL WITH DIFFERENT OF THE FORBIDDEN BAND

Abstract. The article presents the results of theoretical research and computer simulation of composite transistors made of semiconductor material with different bandgap widths. To study the volt-ampere characteristics of such composite transistors, an interactive computer simulation program has been developed in the Delphi-6 programming environment. It is shown that the proposed transistors make it possible to improve manufacturability during its industrial production. The proposed composite transistors are intended for the output stages of power amplifiers, radio transmitters, electronic equipment of industrial and automotive electronics.

Keywords: semiconductor materials with the different band gap, composite transistors, volt-ampere characteristic, Delphi-6 programming environment, output stages, power amplifiers, radio transmitting devices, functional units of radio engineering devices.

*Алимова Нодира Батирджановна,
доктор технических наук, профессор,
кафедра мехатроники и робототехники,
Ташкент, Узбекистан*

*Ярмухамедов Алишер Агбарович,
кандидат технических наук, доцент,
кафедра радиотехнических устройств и систем,
Ташкентский государственный технический университет, Ташкент
E-mail: nali71@yandex.com*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО МАТЕРИАЛА, С РАЗНОЙ ШИРИНОЙ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ

Аннотация. В статье приведены результаты теоретического исследования и компьютерного моделирования составных транзисторов, изготовленных из полупроводникового материала с разной шириной запрещенной зоны. Для исследования вольт – амперных характеристик таких составных транзисторов разработана диалоговая компьютерная моделирующая программа в среде программирования Delphi-6. Показано, что предлагаемые транзисторы позволяют повысить технологичность при его промышленном изготовлении. Предложенные составные транзисторы предназначены для выходных каскадов усилителей мощности, радиопередающих устройств, электронной оборудовании промышленной и автомобильной электроники.

Ключевые слова: полупроводниковые материалы с разной шириной запрещенной зоны, составные транзисторы, вольт – амперная характеристика, среда программирования Delphi-6, выходные каскады, усилители мощности, радиопередающие устройства, функциональные узлы радиотехнических устройств.

Полупроводниковые приборы и функциональные узлы радиотехнических устройств постоянно совершенствуются, т.е. находятся в процессе модернизации. При этом важно сохранять единство научного подхода к проектированию полупроводниковых устройств. В частности, актуальным является использование новых подходов и методик проектирования [1].

Схема составного транзистора, изготовленного из полупроводникового материала с разной шириной запрещенной зоны представлена на (рис. 1 а). Запускающий транзистор VT1 – кремниевый, выходной транзистор VT2 – германиевый.

Нетрудно видеть, что потенциал коллектора VT1 будет всегда ниже потенциала базы этого транзистора на величину прямого напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT2.

Следовательно, транзистор VT1 при любых значениях U_K и U_{BX} будет находиться на начальном участке режима насыщения.

Ток коллектора VT1 в режиме насыщения определится соотношением

$$I_{K1} = \alpha_I I_{01} \exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{ВЭ}}) - I_{0K} \exp(b_{K1} U_{\text{БК1}}) = \frac{I_{01} \exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{ВХ}}) (1 - (I_{0K} \exp(b_K U_{\text{БК1}})))}{\alpha_I I_{0K} \exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{ВХ}})} \quad (1)$$

В выражении (1):

α_I – коэффициент передачи тока эмиттерного перехода в активном режиме;

I_{01} и $b_{\text{Э1}}$ – параметры эмиттерного перехода в этом режиме;

I_{0K} и b_{K1} – параметры коллекторного перехода в инверсном режиме.

В соответствии со схемой включения (рис. 1а):

$$U_{\text{БК1}} = U_{\text{Б1}} - U_{\text{К1}} = U_{\text{Б1}} - U_{\text{Э2}} = U_{\text{БЭ2}}$$

Допустим, что транзистор VT1 – это транзистор КТ315А, а транзистор VT2 – транзистор МП38А. Параметры этих транзисторов следующие: $I_{01} = 4,5 \cdot 10^{-11}$ мА, $b_{\text{Э1}} = 35,5B^{-1}$, $I_{0K} = 1,28 \cdot 10^{-6}$ мА, $b_{K1} = 21,64B^{-1}$, $I_{02} = 5,77 \cdot 10^{-3}$ мА, $b_{\text{Э2}} = 35,2B^{-1}$.

Оценим величину

$$\delta = \frac{I_{0K} \exp(b_K \cdot U_{\text{БК1}})}{\alpha_I I_{01} \exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{ВХ}})} = \frac{I_{0K}}{\alpha_I I_{01} \exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{ВХ}} - b_K \cdot U_{\text{БЭ2}})}$$

Так как транзистор VT2 германиевый, то в области токов до 200 мА значение $U_{БЭ} < 0,3$ В. Следовательно,

$$\delta < \left(\frac{I_{0K}}{\alpha_I I_{01}} \right) \exp-(b_{Э1} U_{БХ} - b_K \cdot 0.3) \approx \\ \approx 28.38 \cdot 10^3 \exp-(b_{Э1} U_{БХ} - b_K \cdot 0.3).$$

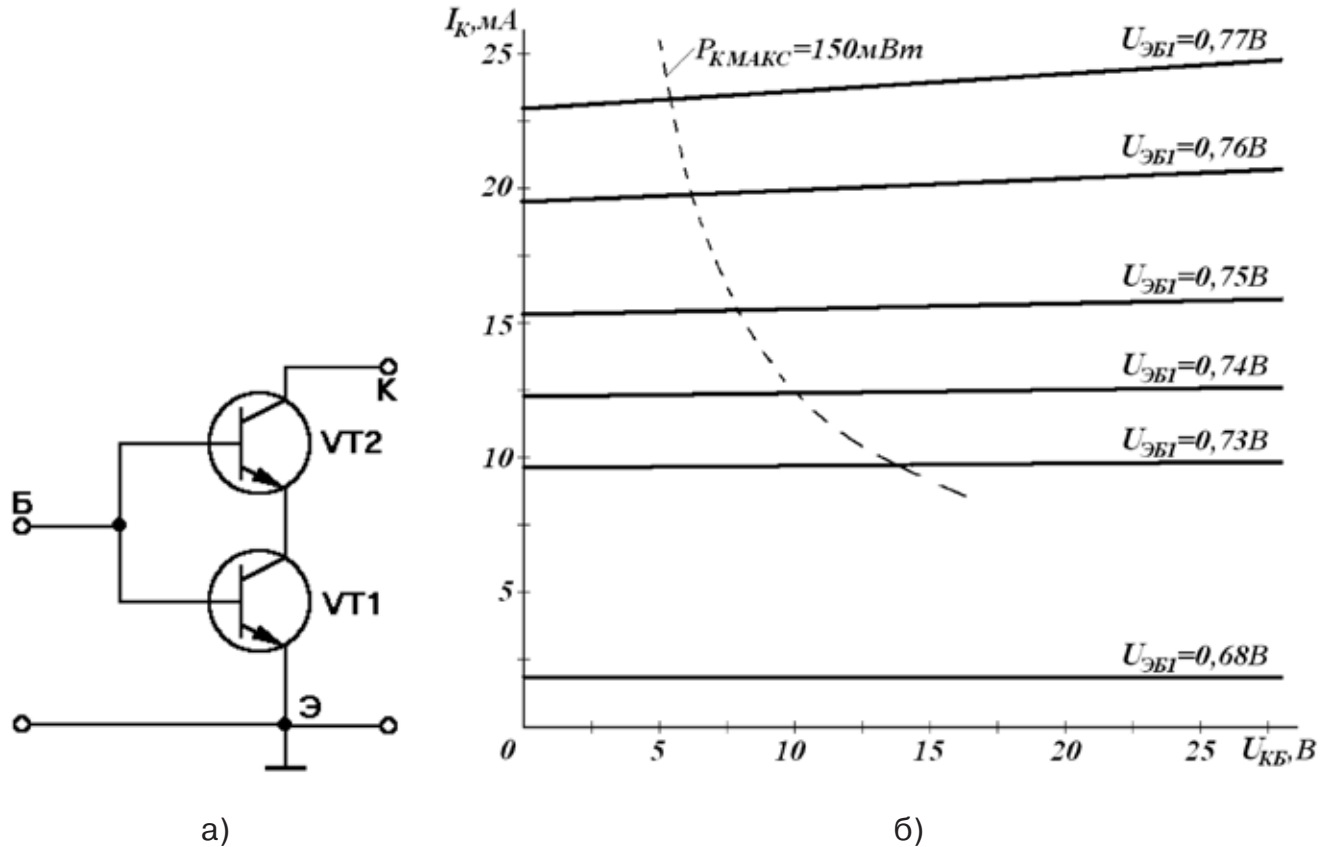


Рисунок 1. Схема составного транзистора (а) и семейство зависимостей тока коллектора транзистора, изготовленного из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны от $U_{КБ}$, при различных значениях входного напряжения $U_{ЭБ}$ (б)

При $U_{БХ} = 0.65$ В, $\delta < 2.03 \cdot 10^{-3}$; при $U_{БХ} = 0.8$ В, $\delta < 1.02 \cdot 10^{-5}$. Таким образом, во всяком реальном диапазоне значений $U_{БХ}$ величиной δ можно пренебречь по сравнению с 1 и считать

$$I_{К1} = I_{К2} = \alpha_I I_{01} \exp(b_{Э1} U_{БХ}). \quad (2)$$

Запускающий транзистор VT1 играет роль идеального генератора стабильного тока, питающего эмиттер выходного транзистора VT2.

На (рис. 1 б) представлено семейство зависимостей тока коллектора составного транзистора от напряжения коллектор – база, при различных

значениях входного напряжения $U_{БЭ}$. Как видим, в полном соответствии с расчетом, эксперимент дает очень слабую зависимость $I_{К1}$ от $U_{КБ}$, обусловленную только эффектом Эрли. Транзисторная пара работает устойчиво при напряжении коллектор – база до 16 В и токе в коллекторе до 25 мА, когда рассеиваемая на коллекторе мощность превышает паспортное значение предельно допустимой мощности в 2,7 раза. Каждый из транзисторов пары, взятый отдельно, переходит в неустойчивый режим при токах более 8 мА и напряжениях коллектор-база более 5 В.

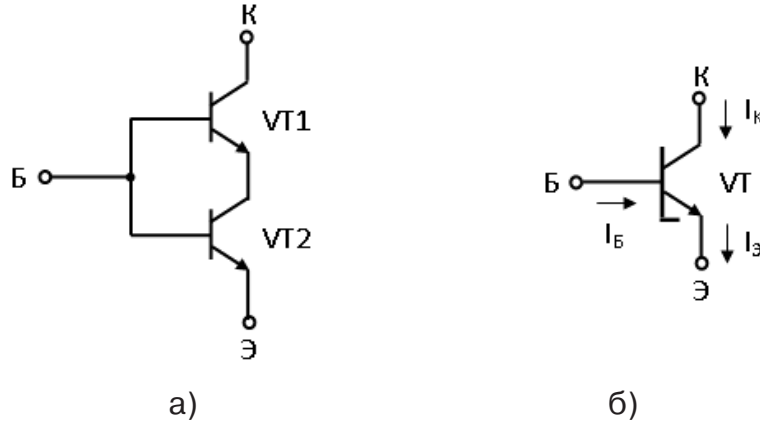


Рисунок 2. Схема составного транзистора, изготовленного из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны (а) и его макромоделль (б)

Исследованный составной транзистор имеет при $I_{\text{Э}} = 5 \text{ мА}$, $U_{\text{кЭ}} = 18 \text{ В}$ дифференциальное сопротивление на два порядка больше чем одиночный дрейфовый транзистор, при этом сохраняется высокое значение КПД усилителя мощности.

Макромодель составного биполярного транзистора можно рассматривать как один идеальный биполярный транзистор (рис. 3), описываемый моделью Эберса-Молла с коэффициентом передачи тока базы:

$$I_K = I_{K1} = \frac{\beta_1 \beta_2}{(1 + \beta_1)(1 + \beta_2)} I_{\text{Э01}} (1 + \gamma(U_{\text{кЭ}} - U_{\text{БЭ}})) (\exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{БЭ}}) - 1), \quad (5)$$

$$I_{\text{Э}} = I_{\text{Э1}} = I_{\text{Э01}} (\exp(b_{\text{Э1}} U_{\text{БЭ}}) - 1), \quad (6)$$

$$I_{\text{Б}} = (1 - \alpha_1) I_{\text{Э1}} + (1 - \alpha_2) \alpha_1 I_{\text{Э1}}, \quad (7)$$

$$U_{\text{ЭБ}} = U_{\text{ЭБ1}}, \quad (8)$$

$$U_{\text{кЭ}} = U_{\text{ЭБ1}} + U_{\text{кБ2}}, \quad (9)$$

где β_1, β_2 – коэффициенты передачи токов баз транзисторов VT1 и VT2;

α_1, α_2 – коэффициенты передачи токов эмиттера транзисторов VT1, VT2;

$I_{\text{Э01}}$ – ток насыщения эмиттерного перехода VT1;

γ – коэффициент, описывающий модуляцию ширины базы (эффект Эрли);

$b_{\text{Э1}}, b_{\text{Э2}}$ – параметр идеальности ВАХ эмиттерного перехода транзисторов VT1 и VT2;

$$\beta_{\tilde{N}} = \frac{\Delta I_{\tilde{E}}}{\Delta I_{A'}} \frac{1}{\left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\alpha_1 \alpha_2 \beta_2} \right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\beta_1} + \frac{1}{\beta_2} \right)} = \frac{\beta_1 \beta_2}{\beta_1 + \beta_2}, \quad (3)$$

а коэффициент передачи тока эмиттера определяется:

$$\alpha_C = \frac{\beta_C}{1 + \beta_C}. \quad (4)$$

Токи и напряжения макромоделли определяются следующими выражениями

$I_K, I_B, I_{\text{Э}}$ – ток коллектора, базы и эмиттера макромоделли;

$I_{\text{к2}}$ – ток коллектора транзистора VT2;

$U_{\text{кЭ}}, U_{\text{БЭ}}$ – напряжение на электродах составного транзистора.

Динамическое сопротивление транзистора очень большое и стремится к бесконечности при изменении $U_{\text{кЭ}}$ и постоянном значении $U_{\text{БЭ}}$

$$R_i = \frac{1}{\frac{\partial I_{\text{к1}}}{\partial I_{\text{кБ1}}}} = \frac{\Delta U_{\text{кЭ}}}{\Delta I_{\text{к}}} \approx \infty. \quad (10)$$

Крутизна передаточной характеристики экспоненциально растет с увеличением напряжения эмиттер – база

$$S = \frac{\partial I_{\text{к1}}}{\partial U_{\text{ЭБ}}} = b_{\text{Э}} I_{\text{к}} = \alpha I_{\text{Э0}} \exp(b_{\text{Э}} U_{\text{ЭБ}}). \quad (11)$$

Таким образом, запускающий транзистор играет роль идеального, управляемого напряжением, генератора тока. При этом

$$I_{K1} = I_{Э2} = sU_{ЭБ}. \quad (12)$$

Для исследования ВАХ составного транзистора, изготовленного из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны на основе выражений (5)÷(7) разработана диалоговая компьютерная моделирующая программа. Программа позволяет исследовать для составного транзистора зависимости эмиттерного тока $I_Э$ от напряжения коллектор-эмиттер при постоянных значениях $U_{БЭ}$ и базового тока $I_Б$ от напряжения коллектор-эмиттер при постоянных значениях $U_{БЭ}$.

Исходными данными являются параметры математической модели (1):

$I_{Э01}, I_{К01}$ – токи насыщения эмиттерного и коллекторного переходов транзистора VT1;

$b_{Э1}, b_{Э2}, b_{К1}$ и $b_{К2}$ – параметры идеальности ВАХ эмиттерных и коллекторных переходов транзисторов VT1 и VT2.

χ и μ – параметры, определяющие степень влияния напряжения, приложенного к коллекторному переходу, на высоту потенциального барьера эмиттерного перехода и процессы переноса заряда в переходах.

g_2 – характеризует эффект Эрли;

ξ_2 – характеризует омические потери.

Разработанная компьютерная моделирующая программа позволяет исследовать ВАХ составного транзистора, изготовленного из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны. В качестве иллюстрации на (рис. 3÷6) приведены ВАХ составного транзистора при следующих значениях параметров транзисторов: $\beta_1 = 100$; $\beta_2 = 30$; $\mu_1 = 0.329 \text{ В}^{-1}$; $\chi = 0.619 \text{ В}^{-2}$; $g_2 = 0.000567 \text{ мА В}^{-1}$; $I_{Э01} = 0.00175 \text{ мА}$.

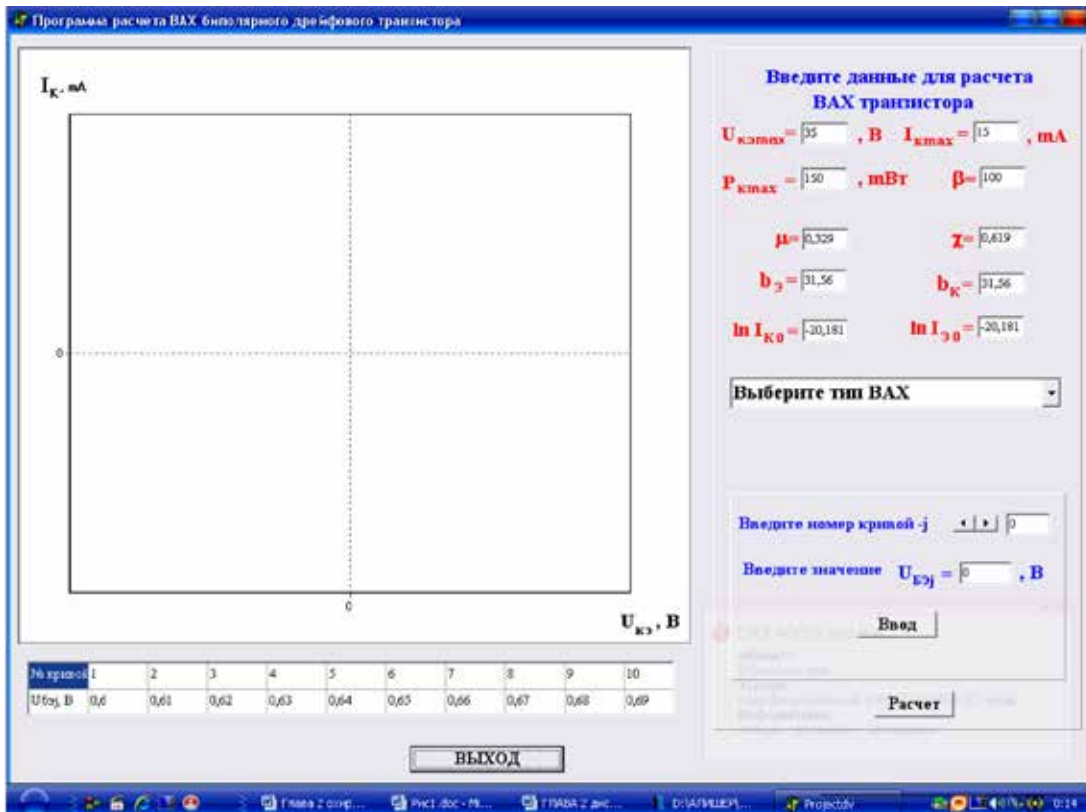


Рисунок 4. Внешний вид пользовательского интерфейса программы расчета ВАХ составного транзистора, изготовленного из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны

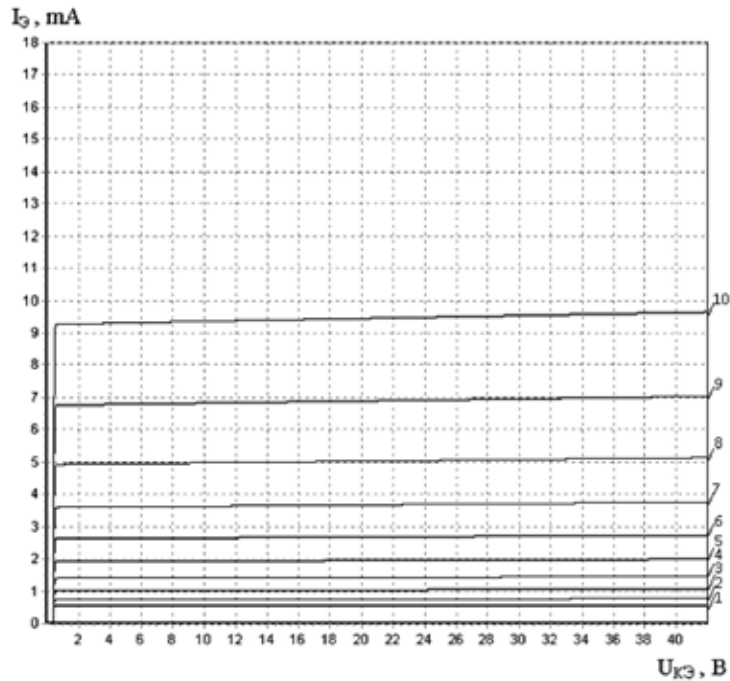


Рисунок 5. Расчетная зависимость эмиттерного тока I_E от напряжения коллектор-эмиттер $U_{кэ}$ составного транзистора при постоянных значениях $U_{бэ}$, равных соответственно: 1–0,62 В, 2–0,63 В, 3–0,64В, 4–0,65В, 5–0,66 В, 6–0,67В, 7–0,68В, 8–0,69В, 9–0,7 В и 10–0,71В

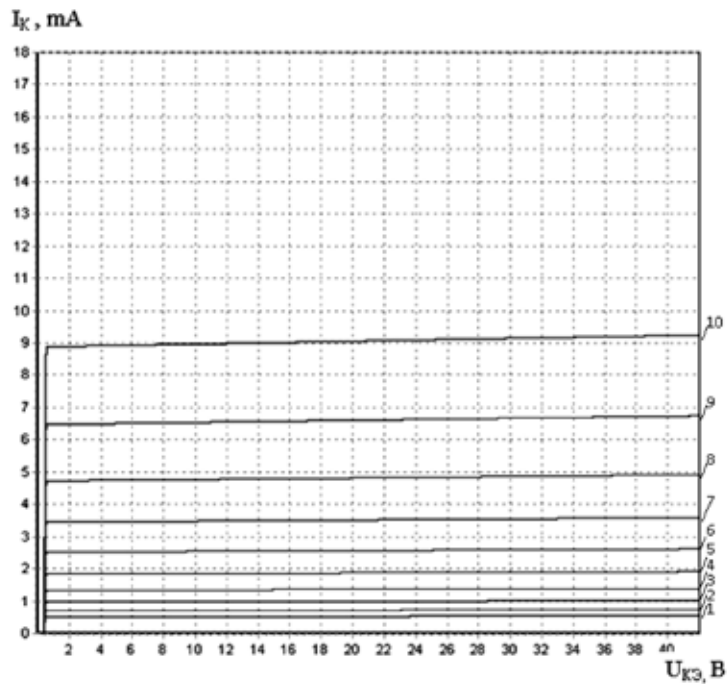


Рисунок 6. Расчетная зависимость коллекторного тока I_K от напряжения коллектор-эмиттер $U_{кэ}$ биполярного составного транзистора при постоянных значениях $U_{бэ}$, равных соответственно: 1–0,62 В, 2–0,63 В, 3–0,64В, 4–0,65В, 5–0,66 В, 6–0,67В, 7–0,68В, 8–0,69В, 9–0,7 В и 10–0,71В

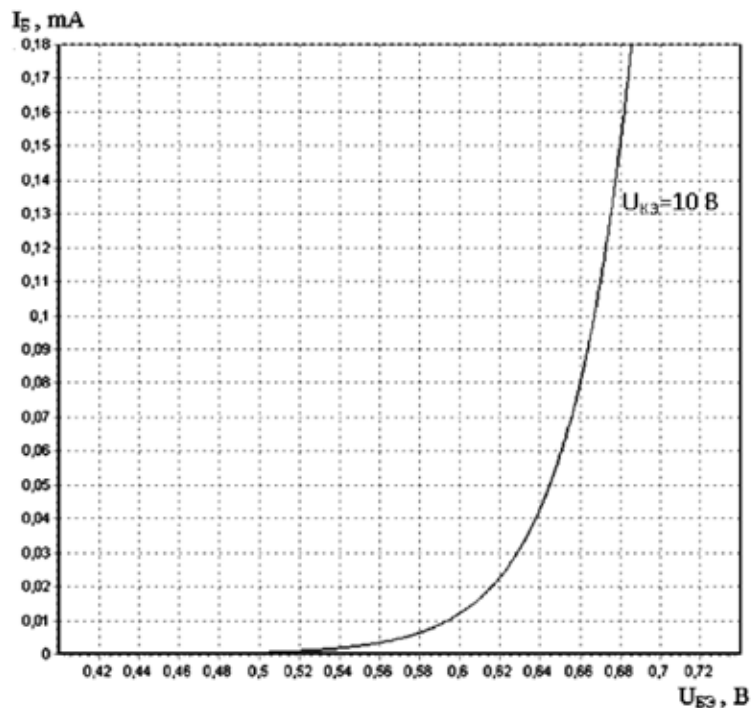


Рисунок 7. Расчетная зависимость базового тока I_B от напряжения база-эмиттер U_{BE} составного транзистора при $U_{CE} = 5$ В

Таким образом, теоретически и экспериментально исследованы составные транзисторы, изготовленные из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны. Для исследования ВАХ таких транзисторов разработана диалоговая компьютерная моделирующая программа в среде программирования Delphi-6 [2–4].

Предлагаемый составной биполярный транзистор устойчиво работает при значениях напря-

жения U_{CE} в 5 раз более высоких, чем в случае отдельно взятых транзисторов.

Предложенные составные биполярные транзисторы, изготовленные из полупроводникового материала, с разной шириной запрещенной зоны могут быть использованы в оконечных каскадах усилителей мощности, радиопередающих устройствах, в электронном оборудовании промышленной и автомобильной электроники.

Список литературы:

1. Keith H. Sueker. Power Electronics Design: A Practitioner's Guide. Newnes. 1.2 MB PDF.
2. Alimova N. B., Aripdjanov M. K., Aripova U. Kh., Atahanov Sh. T., Makhsudov J. T. Programms for semiconductor tehnological prosses-instruments-circuite // World Conference on Intelligent Systems for Industrial Avtomation. – Tashkent, 2000. – P. 232–235.
3. Алимova Н. Б., Арипов Х. К., Фазижанов И. Р., Ярмухамедов А. А. Программа расчета ВАХ биполярного дрейфового транзистора / Свидетельство Республики Узбекистан № DGU02064 от 29.09.2010.
4. Алимova Н. Б., Арипов Х. К., Фазижанов И. Р., Ярмухамедов А. А. Программа расчета ВАХ гетеросоставного транзистора / Свидетельство Республики Узбекистан № DGU01980 от 01.07.2010.

Contents

Section 1. Medical Science	3
<i>Shlepotina Elizaveta Andreevna, Khitrova Ekaterina Azefovna</i> “THE IMPACT OF HIPPO THERAPY CLASSES ON A LIVE HORSE AND A RIDING SIMULATOR ON PEOPLE WITH DISABILITIES”	3
Section 2. Agricultural sciences	9
<i>Vlaschuk Oksana</i> THE PRODUCTIVITY OF STANDARD SEED AND SOWING QUALITIES OF WHITE SWEET CLOVER IS DEPENDING ON ELEMENTS OF AGROTECHNICS	9
<i>Ganzha V. V., Ivaniv N. A.</i> WATER CONSUMPTION OF SOYBEAN VARIETIES WITH DRIP IRRIGATION IN THE ARID STEPPE OF UKRAINE	17
<i>Repilevsky D. E., Ivaniv M. O.</i> MOISTURE SUPPLY AND WATER CONSUMPTION OF CROPS OF HYBRIDS OF CORN AT VARIOUS WAYS OF WATERING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE	25
Section 3. Technical sciences	32
<i>Hajiyeva Tarana Adylevna</i> SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN ONCOLOGY	32
Section 4. Electrical engineering	37
<i>Alimova Nodira Batirdzhanovna, Yarmukhamedov Alisher Agbarovich</i> THEORETICAL RESEARCH AND COMPUTER SIMULATION OF COMPOSITE TRANSISTORS MADE OF A SEMICONDUCTOR MATERIAL WITH DIFFERENT OF THE FORBIDDEN BAND	37