

p-ISSN 2308-5258

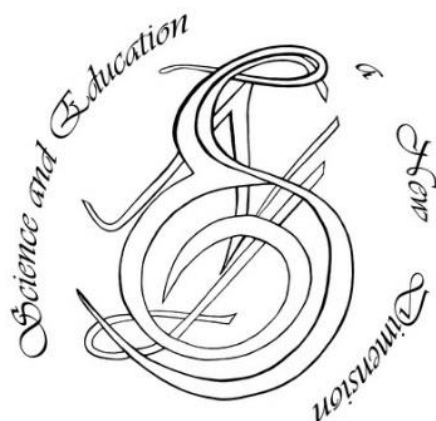
e-ISSN 2308-1996

Natural and Technical Sciences, VIII(30), ISSUE 244, 2020Dec.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES



www.seanewdim.com

p-ISSN 2308-5258

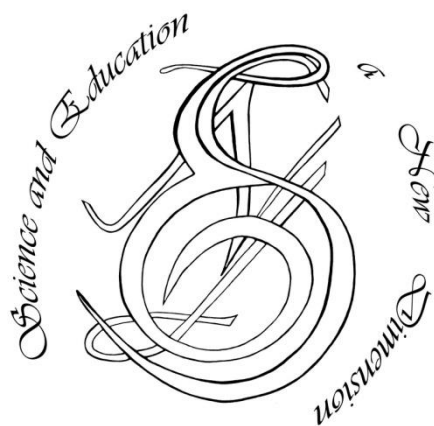
e-ISSN 2308-1996

VIII(30), Issue 244, 2020 Dec.

SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30>

Natural and Technical Sciences



www.seanewdim.com

Editorial board

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

Honorary Senior Editor:

Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.

Andriy Myachykov, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

Edvard Ayvazyan, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

Ferenc Ihász, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Ireneusz Pyrzyk, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

Irina Malova, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

Irina S. Shevchenko, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine
Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

Kosta Garow, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

László Kótis, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

Larysa Klymanska, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

Liudmyla Sokurianska, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

Marian Wloshinski, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

Melinda Nagy, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

Alexander Perekhrest, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Nikolai N. Boldyrev, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

Oleksii Marchenko, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Olga Sannikova, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odessa, Ukraine

Oleg Melnikov, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

Perekhrest Alexander, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

Riskeldy Turgunbayev, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

Roza Uteeva, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

Seda K. Gasparyan, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

Sokuriaynska Liudmyla, Doctor of sociological science. Prof. Head of Department of Sociology. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

Svitlana A. Zhabotynska, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Tatyana Prokhorova, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

Tetiana Hranchak, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

Valentina Orlova, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Vasil Milloushev, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

Veselin Kostov Vasilev, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

Vladimir I. Karasik, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

Volodimir Lizogub, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

Zinaida A. Kharitonchik, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

Zoltán Poór, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

Barkáts N.

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

BUDAPEST, 2015

Statement:

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and co-authors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts, each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87; ICV 2016: 73.35; ICV 2018: 90.25;
ICV 2019: 89.50

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

CONTENT

AGRICULTURE	7
Адвентивные сорные растения Луганской области <i>Ю. В. Гаврилюк</i>	7
BIOLOGY	10
Micromorphology and anatomy of the flower of Tulbaghia Violacea Harv. (Amaryllidaceae) <i>O. S. Fishchuk</i>	10
ECOLOGY	13
Один з підходів до дослідження водних екосистем <i>О. А. Котовенко, О. Ю. Мірошниченко</i>	13
ENGINEERING	16
Analysis of axisymmetric bending of round continuous plates on a variable elastic base by the finite element method <i>Y. Krutii, M. Surianinov, M. Soroka, G. Karnauhova</i>	16
GEOGRAPHY	21
Геопросторова організація дестинацій Вінницької області України <i>Д. Цесьців, І. Волошин</i>	21
MEDICAL SCIENCE	24
Застосування СІМТ-терапії (constraint-induced movement therapy) для відновлення рухової функції верхньої кінцівки у осіб після перенесеного інсульту ускладненого неглектом <i>Ю. М. Дідо, О. А. Дуло</i>	24
Динаміка відновлення функції серцево-судинної системи у дівчат низинних районів Закарпатської області з різним соматотипом і компонентним складом маси тіла <i>О. А. Дуло, С. М. Джуїна</i>	28
Биомеханика зубочелюстной системы при эндодонто-эндооссальной имплантации <i>Д. Лазарева, Е. Семенов, О. Сенников, Н. Сурьянинов, А. Райлян</i>	32
The influence of salt-sensitivity on the blood pressure daily profile in patients with arterial hypertension <i>S. A. Yermolenko, V. F. Orlovskiy, I. O. Moiseyenko, O. V. Orlovskiy</i>	38
TECHNICAL SCIENCES	41
Алгоритм адаптивного керування автономного мобільного робота <i>Н. С. Ащепкова</i>	41
Оптимізація процесу завантаження контейнеровозу <i>А. І. Федоров</i>	45
Architecture of Tools of Estimating the Influence of Renewable Sources on the Electricity Cost in Ukraine <i>Н. А. Ivanov, I. V. Blinov, E. V. Parus</i>	49

Проектування конструкції дорожнього одягу для перевезення великовагових та великогабаритних вантажів дорогами України <i>О. В. Кушнір, І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський, Ю. М. Клімов</i>	53
Features of development of Smart Grid networks in communities, modeling methods and challenges in the implementation of intelligent power supply systems <i>Н. Melnychuk</i>	63
INFORMATION TECHNOLOGY	66
Mathematical modeling of therapeutic information space of Chinese image medicine for its unified representation in information systems for integrative scientific medicine <i>S. Lupenko, O. Orobchuk, I. Kateryniuk, A. Horkunenko</i>	66

AGRICULTURE

Адвентивные сорные растения Луганской области

Ю. В. Гаврилюк

Луганский Национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Старобельск, Украина
Corresponding author. E-mail: juliagavriluk2017@gmail.com

Paper received 11.12.20; Accepted for publication 22.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-01>

Аннотация. В статье освещена проблема агрессивного поведения адвентивных сорных видов растений и их приспособленность к условиям Левобережной Степи Украины в пределах Луганской области. Степень натурализации чужеродных видов растений различная, но к сожалению, некоторые из них, считаясь карантинными, распространяются на столько, что могут вызывать аллергические реакции у человека и наносить безвозвратные потери в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: адвентивные растения, сорные растения, виды, карантинные растения.

Введение. Главной составляющей процессов растущего влияния различной деятельности человека на природные экосистемы является "гомогенизация" биосферы, проявляется в "большом переселении" видов организмов с одних районов в другие, и, как следствие этого, вытеснение аборигенных видов видами переселенцами. Именно поэтому современный флорогенез, как на планете в целом, так и на территории отдельных регионов, в значительной степени определяется действием антропоического фактора. Прямое или косвенное влияние этого фактора на естественную флору обуславливает ее антропоическую трансформацию и одним из последствий этого процесса, становится весьма заметным в последние десятилетия, является растущая адвентивизация коренных флор [1].

Адвентивными считают такие растения, которые, попав в новую местность, лежащую за пределами их ареалов (преимущественно с помощью искусственных факторов), приспособились к новым условиям существования и начали самостоятельно распространяться на новой территории.

Инвазии, или вторжение чужеродных видов организмов - одна из крупнейших экологических проблем современности, остро стоит в связи с активными процессами биотической глобализации и часто ведет к существенным потерям биологического разнообразия. Контроль за их появлением, натурализацией и распространением является важной проблемой мирового масштаба. Иногда, это вторжение может наносить значительный экономический ущерб и даже быть опасным для здоровья людей [2].

Краткий обзор публикаций по теме. Известно, что полевые экосистемы являются ареной для развития сеgetальных фитобиоты и занесенных видов, которая формируется и развивается фактически без всякой не только генетической, а даже и пространственной изоляции. Антропогенная дестабилизация природных группировок растений вызывает нарушение фитоценозов, уменьшение биологического разнообразия и исчезновения отдельных видов а взамен - увеличение экспансии адвентивных видов, количество которых в последнее время постоянно увеличивается. Они быстро захватывают значительные территории, продуцируют большую биомассу, подавляют и вытес-

няют виды природной флоры. Более того, наблюдается активное распространение адвентивных видов на территориях Украины вследствие спонтанной и направленной интродукции [3]. Натурализация адвентивных видов сопровождается разрывом консортивных связей, поскольку естественные враги этих видов остаются на родине и не могут регулировать их численности в новых условиях. Это приводит к чрезвычайно неприятным последствиям. Самым из них является адвентивизация растительного покрова и снижение уровня биологического разнообразия, в результате чего огромные территории оказываются занятыми бедными на виды группировками с доминированием 1-2 адвентивных видов [4].

Цель. Проведение мониторинга сеgetально растительности различных фитоценозов с выявлением и определением адвентивных, инвазионных, карантинных видов растений, которые на территории исследования появились не так уж давно, но уже успели занять существенные территории, проявить свои приспособительные - агрессивные качества не только на близ растущие растения но и в посевах сельскохозяйственных культур и на организм человека.

Материалы и методы. Путем маршрутных исследований был проведен мониторинг растений культурфитоценозов Луганской области с целью выявления видового состава сеgetальной растительности и выделение из них адвентивных видов растений и определения свойственных им условий произрастания [5].

Результаты и их обсуждение. Значительная антропогенная трансформация растительного покрова проявляется в наличии большого количества сорных и адвентивных видов. На территории Луганской области нами выявлено 52 адвентивных вида растений, из них два паразита. Некоторые из адвентивных видов внедряются в естественные и антропогенно нарушенные сообщества и проявляют тенденцию к дальнейшему увеличению численности популяций и расширению ареалов распространения.

Наиболее распространенными оказались такие адвентивные сорные виды: (*Ambrosia artemisifolia* L.), (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen), (*Cuscuta campestris*), (*Cuscuta trifolii*), (*Heracleum Sosnowskyi* Manden), (*Galinsoga parviflora*), и (*Echinochloa*

crusgalli).

Особую обеспокоенность вызывает присутствие во всех растительных сообществах с различным уровнем антропогенной нагрузки карантинного вида (*Ambrosia artemisiifolia* L.).

Если на полях есть возможность контролировать (*Ambrosia artemisiifolia* L.) с помощью гербицидов глифосатной группы, то в парках и населенных пунктах вопрос стоит остро, и если в начале появления этих растений в общественных местах на них не обращали внимания, когда они росли одиночными особями, то теперь, когда распространение приобрело массовый характер, общество опомнилось, так как люди начали массово страдать на поллинозы и сенную лихорадку. Но, уже так просто (*Ambrosia artemisiifolia* L.) искоренить невозможно, потому что в почве содержатся значительные запасы семян, которые хранят жизнеспособность более 50 лет, интродуцированные естественные вредители малоэффективны, а сам сорняк пластично приспосабливается к местным условиям, и если раньше гербологические говорили о нем как о раннем яровом виде, то по результатам наших многолетних наблюдений мы можем утверждать, что в зависимости от условий года, в Луганской области, его всходы появляются на 1-2 декады раньше, чем поздние яровые сорняки и во второй половине лета количественные и популяционные показатели значительно увеличиваются, особенно на территориях, где не применяются системные приемы контроля численности популяций *Ambrosia artemisiifolia* L. К тому же агробиологические особенности (*Ambrosia artemisiifolia* L.) способствуют укоренению и дальнейшему распространению и «захвату» новых территорий его популяциями, о чем свидетельствует выносливость растений к стойкой засухе, которой традиционно характеризуется вторая половина лета Левобережной степи Украины. В этот период как на интенсивно обрабатываемых территориях (полях, огородах) так и в защитных лесных полосах, парковых, рекреационных зонах, на лугах и пастбищах появляется и растет в 2-3 раза большее количество растений (*Ambrosia artemisiifolia* L.) чем в первой половине лета [6].

Циклахена дурнишниковидная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen), долгое время ошибочно называемая населением, амброзией, ранее чем (*Ambrosia artemisiifolia* L.) массово начал «захватывать» рудеральные места, обочины дорог, защитные полосы, парки вытесняя там даже многолетние растения. Между этими видами существует не мало сходств: пыльца (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen) вызывает аллергические реакции и поллинозы, растение отличается высокой продуктивностью, интенсивным отращиванием вегетативной массы после скашивания растения, вырабатывает резистентность (устойчивость) к гербицидам, быстро возобновляет популяции благодаря содержанию в почве семян и отсутствию постоянного контролирующего процессов.

В отличие от непаразитных зеленых сорняков гетеротрофные сорняки (паразиты) теснее связаны с растениями-хозяевами. В культурфитоценозах северной Степи Украины было выявлено сорняки-паразиты рода *Cuscuta*: (*C. campestris* Yunck) и (*C. trifolii* Babingt), которые паразитировали на культурных рас-

тениях как в условиях орошения, так и без него.

В условиях орошения посевы овощных культур были более засоренными (*Cuscuta campestris* Yunck), чем на участках без орошения. Это объясняется очевидно тем, что покровные ткани культурных растений на орошении лучше обеспечены водой и более эластичные, это способствует легкому механическому проникновению паразитов в их зеленые ткани. К тому же при достаточном обеспечении почвы влагой семян (*C. campestris* Yunck) лучше прорастает. Да, на участках с орошением картофель поражался повилкой в 3 раза чаще, чем без него, томаты - в 2,5, а капуста - в 2 раза соответственно. Агрофитоценозы люцерны посеваемой были засорены преимущественно *C. campestris*, но очагов повилки здесь было в 5-10 раз меньше, чем на овощных растениях. Определяющим результатом маршрутных исследований считаем то, что сорняки рода *Cuscuta* были выявлены не только на культурных растениях, но и при обследовании парков, защитных лесополос, лугов и пастбищ. Эти виды паразитировали на многих автотрофных сорняках, которые характеризуются разными биологическими особенностями и принадлежат к разным ботаническим семействам. Кроме того, значительно зарженными были такие сорняки, как (*Capsella bursa pastoris*), (*Chenopodium album* L.) и (*Amaranthus retroflexus* L.). На лугах (*C. campestris* Yunck) паразитировала на *Chenopodium album* - 14,4 шт. пораженных растений/м² и *Melilotus album* - 9,3 шт./м². Больше всего (*Amaranthus retroflexus* L.) был поражен (*C. campestris* Yunck) в защитных полосах и парке, но на лугах и пастбищах повилка вовсе не паразитировала на этих растениях. *Cuscuta trifolii* паразитировал на таких видах, как (*Chenopodium album* L.) и (*Melilotus album* L.). Следовательно, автотрофные сорняки, которые растут в прилегающих к посевам сельскохозяйственных культур растительных сообществах, несут угрозу не только как носители болезней и вредителей, но и как очаги распространения в агрофитоценозах сорняков-паразитов [7].

Также в последнее десятилетие на территории Луганской области все чаще встречаются популяции борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden).

В 1990-х годах борщевик вышел из-под контроля и стал произрастать на заброшенных землях, вдоль ручьев, канав и дорог, на территории населенных пунктов, затем стал занимать наиболее плодородные земли, вытесняя местные виды травянистых растений. Не подлежащие почвенной обработке земли сельскохозяйственного пользования – одна из основных категорий площадей, на которых борщевик активно распространяется [8]. Он внесен в список Черной книги инвазивных видов растений Республики Беларусь, а также в список инвазивных видов Черной книги Средней России [9].

На территории Луганской области борщевик Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden) произрастает на лугах, в лесозащитных полосах, в садах, по обочинам дорог, иногда на полях и огородах. Это адвентивное сорное растение характеризуется не только своими агрессивными качествами по отношению к другим растениям но и является опасным вызывая ожоги и

отравления людей и животных.

Достаточно новый для региона красивоцветущий адвентивный вид золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.), который изначально выращивался как декоративное растение на клумбах и в парках, распространился как сорняк преимущественно в населенных пунктах в необрабатываемых местах: возле заброшенных зданий, по берегам рек и водоемов, на обочинах железных дорог и автомагистралей. Численность его популяций возрастает, вытесняя аборигенные виды.

Выводы. Таким образом, проведенный мониторинг и данные ранее изложенные в научной литературе дают нам возможность констатировать следующее:

- одними из наиболее опасных сорных растений во

ЛИТЕРАТУРА

1. Ойцось Л.В. Видовий склад адвентивної фракції флори на осушених територіях Волинського Полісся // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 2. – С. 3–13.
2. Стародуб В. І., Ткач Є.Д., Вигера С.М. Адвентивні види рослин в агроценозах пшениці озимої Правобережного Лісостепу // України Збалансоване природокористування № 3. - 2015 с.95-98.
3. Бурда Р.І. Фітоінвазії в агроекосистемах/ Р.І. Бурда // Синантропізація рослинного покриву України: Тез. наук. оп. (м. ПереяславХмельницький). — К., 2006. — С. 34–37.
4. Екофлора України / відпов. ред. Я.П. Дідух. — К.: Фітосоціоцентр, 2002, 2004, 2007. — Т. II–III, V
5. Григора І. М., Якубенко Б. Є., Мельничук М. Д. Геоботаніка. – 2006. – 448 с.
6. Гаврилюк Ю.В. Агробіологічна характеристика *Ambrosia artemisifolia* в умовах Луганської області // Біологія та ва-

флоре Луганської області являються именно адвентивные растения, поскольку они более агрессивны, не имеют естественных врагов, способны быстро занимать новые территории вытесняя местные виды;

- недостаточная изученность биологических и ценологических особенностей адвентивных сорных растений ведет к отсутствию четко выработанной стратегии контроля их численности;

- дальнейшее усиление и возрастание популяций адвентивных сорных растений может привести к исчезновению некоторых аборигенных видов и усугубить и без того не простую экологическую ситуацию региона.

- леология: збірник наукових праць. – Харків: ХНПУ вип.21. 2019. – С. 15-20. <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/biology/>
7. Гаврилюк Ю.В. Присутність бур'янів роду *Cuscuta* в культур фітоценозах Луганської області //Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України № 11, 2016 с54-56.
8. Симонов, Г.А., Зотеев В.С. Борщевик Сосновского — злостный засоритель полей // Уч. зап. Орловского гос. ун-та. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. – 2011. – № 3. – С. 324–326.
9. Хайруллина В.И. Биологическое обоснование применения гербицидов при создании и уходах за культурами сосны и ели на землях, занятых борщевиком Сосновского (на примере Ленинградской области): автореф. дис. канд. с.-х наук: 06.03.01 / В.И. Хайруллина; Санкт-Петербург науч.-исслед. ин-т лесн. хоз-ва. – СПб., 2013. – 20 с.

REFERENCES

1. Oytssyus L.V. Species warehouse of the adventive faction of flora on the drained territories of the Volinsky Polissya // Nutrition of bioindication and ecology. Zaporizhzhya: ZNU, 2013. Vip. 18, no. 2. P. 3-13.
2. Starodub V. I., Tkach Є.D., Viger S.M. Adventive species of roslin in agrocenoses of winter wheat from the Right-Bank Listepu // Ukraine Zbalansovane prirodistuvannya № 3. - 2015 p.95-98.
3. Burda R.I. Phytoinvasives in agroecosystems / R.I. Burda // Sinanthropization of the dewline cover of Ukraine: Abstracts. sciences. op. (m. Pereyaslav Khmelnytsky). - K., 2006. - S. 34–37.
4. Ekoflora of Ukraine / vidpov. ed. Ya.P. Diduh. - K.: Fito-sotsiоcenter, 2002, 2004, 2007. - T. II – III, V
5. Grigor I. M., Yakubenko B.Y., Melnichuk M.D. Geobotany. - 2006.-- 448 p.
6. Gavrilyuk Yu.V. Agrobiological characteristics of *Ambrosia artemisifolia* in the minds of the Luhansk region // Biology

- and valeology: collection of scientific works. - Kharkiv: KhNPU vip. 21. 2019. - S. 15-20. <http://journals.hnpu.edu.ua/index.php/biology/>
7. Gavrilyuk Yu.V. The presence of Buryans in the genus *Cuscuta* in the cultures of phytocenoses of the Lugansk region // Bulletin of the Institute of the Siberian State of the Steppe Zone of the National Academy of Sciences of Ukraine No. 11, 2016 p54-56.
8. Simonov G.A., Zoteev V.S. Sosnovsky's cow parsnip is a malicious weed of fields // Uch. app. Oryol State un-that. Ser. Natural, technical and medical sciences. - 2011. - No. 3. - P. 324–326.
9. Khairullina V.I. Biological substantiation of the use of herbicides in the creation and care of pine and spruce crops on the lands occupied by the Sosnovsky hogweed (on the example of the Leningrad region): author. dis. Cand. of agricultural sciences: 06.03.01 / V.I. Khairullina; St. Petersburg scientific research. Institute of forestry households. - Spb., 2013.-20 p.

Adventitious ruderal plants of the Luhansk area

Yu. V. Gavrilyuk

Annotation. In the article the problem of aggressive behavior of adventitious ruderal types of plants and their adjusted are lighted up to the terms of Left-bank Steppe of Ukraine within the limits of the Luhansk area. The degree of naturalization of foreign types of plants is different, but unfortunately, some of them, being considered a quarantine, spread on so much, that can cause allergic reactions for a man and inflict irretrievable losses in agriculture.

Keywords: *adventitious plants, ruderal plants, kinds, quarantine plants.*

BIOLOGY

Micromorphology and anatomy of the flower of *Tulbaghia violacea* Harv. (Amaryllidaceae)

O. S. Fishchuk

Lesya Ukrainka Volyn national university
Corresponding author. E-mail: dracaenaok@ukr.net

Paper received 13.12.20; Accepted for publication 23.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-02>

Abstract. The external morphology and micromorphology of the flower in *Tulbaghia violacea* were studied. Light microscopy was used for examination. Our approach allows us to differentiate species and genera by location and presence of different vertical zones in gynoecium and especially septal nectaries. The gynoecium of *T. violacea* consists of synascidiate, symplicate, hemisymplicate and asymplicate vertical zones. Common septal nectary with three nectary splits throughout the ovary is available in *T. violacea* gynoecium.

Keywords: ovary, gynoecium, septal nectary, flower morphology.

Introduction. Modern molecular taxonomy in the branches construction of relationship between families and genera doesn't take into consideration the morphological features of flowers and fruit, even if it takes into account, it's not a lot. Molecular taxonomy doesn't take into account the features of the internal structure of the gynoecium and the fruits, its zonality and the septal nectary structure. The scientists are looking for new morphological features, features of flower vascular anatomy and they are studying the morphogenesis (formation and opening of the fruit) of the flower-fruit system. It is very important to study not only the flower features but also the fruit morphological features because some morphological features of the fruit are laid at the flower stage. We should study flower features in the post-anthetic phase, because studying the fruit capsule, for example, it is impossible to study the ways of its formation without studying the flower structure.

Brief overview of related publications. Modern morphologists are increasingly studying the flower and fruit morphology and anatomy in monocotyledons for further using them of the identified features in the taxonomy [1, 2, 7, 18, 19, 22, 26, 27, 28, 29]. The family Amaryllidaceae is the subject of extensive research in molecular phylogeny and evolution [12, 13, 14, 15, 16]. According to modern molecular-phylogenetic taxonomy, the genus *Tulbaghia* belongs to the family Amaryllidaceae, subfamily Allioideae, tribe Tulbaghieae [5].

Tulbaghia violacea is the subject of a great deal of scientific work. Particularly known generalized data from ethnobotany, pharmacology, phytochemistry and conservation needs [3], studied influence of temperature and watering frequencies on seed germination and seedling growth of *Tulbaghia violacea* [8], researched tomato spotted wilt virus identified in *Tulbaghia violacea* [6], studied gene transfer utilizing pollen-tubes *Tulbaghia violacea* [10], the effect of storage and processing on antimicrobial activity of *Tulbaghia violacea* [25], antagonistic effect of cadmium on micronutrients of *Tulbaghia violacea* [9], investigated the chemical composition of the volatile compounds from aerial parts of *Tulbaghia violacea* Harv. was studied by GC and GC/-MS [24], development a micropropagation protocol for variegated *Tulbaghia violacea* 'Silver Lace', using appropriate growth regulators and cultural methods which will retain the variegated phenotype [23].

Aim. Describing the internal structure of gynoecium in *T. violacea* we used the concept of vertical zonality by W. Leinfelner [11]. This concept implies the existence of two types of syncarpous gynoecium, The eusyncarpous and hemisyncarpous gynoecium, the last one characterized by congenital growth in the lateral part of the column, its gynoecium has three vertical zones: hemisynascidiate, hemisymplicate and asymplicate and sometimes has septal nectary. It is very important to study the morphological features and gynoecium vertical zones, as these data can be used for the taxonomy of monocotyledons.

Material and methods. The flowers of *T. violacea* were studied in the stage of the floral bud and opened flower. The material was collected in agrobiostation of the Lesya Ukrainka Volyn National University (Lutsk) and fixated in 70% ethanol. Out of the fixated material we prepared the preparations of a series of cross-sections of the flowers of 20 μm thick, using the standard method [4]. The sections were stained using astra blue solutions and safranin.

We studied five flowers of this species. To describe the preparations we used a Laboval 4 optical microscope manufactured by Carl Zeiss (Jena) and a stereoscopic binocular microscope MBS-10.

To analyze the internal structure of the gynoecium, we used the concept of vertical zonation of gynoecia of Leinfelner (1950) [11], which takes into consideration only the congenital fusion of the carpels. According to this concept, with growth of the carpels, in the syncarpous gynoecium, congenital multi-ocular synascidiate, unilocular simplicate, transitional hemi-simplicate and asymplicate (apocarpous) zones form. In the conditions of incomplete fusion of carpels, a hemi-syncarpous gynoecium with hemisynascidiate, hemisimplicate and asymplicate zones form only in their external part. The height of the zones of gynoecium was measured according to the number of cross sections. The methodological basis of study of the vertical zonation of the gynoecium was formulated by Leinfelner (1950), later the method was elaborated for monocots [17, 20, 21].

Results. The flowers of *T. violacea* are up to 2.2-2.3 cm long, slightly zygomorphic, purple, have a strong garlic smell. The peduncle is up to 35-37 cm long and 0.5 cm in diameter at the base and 0.4 cm in diameter at the top, 15-20 flowers in the inflorescence. There are two cone-shaped bracts, leathery, light brown up to 2.2 cm long, 0.9 cm wide

at the base and 0.6 cm wide and the other one 2.8 cm long, 0.5 cm wide at the base and 0.7 cm wide. The pedicel up to 2.1 cm long, about 0.1 cm in diameter.

The flowers have funnel-shaped floral tube, short, about 1.1-1.2 cm long, 0.3 cm in diameter. The outer tepals are 1.1 cm long, 0.4-0.45 cm wide, and the inner tepals are 1 cm long and 0.4-0.5 cm wide, respectively. The tepals at the end of the floral tube have outgrowth in the form of an inverted horseshoe, resembling a crown.

There are six stamens, fastened to the floral tube. The stamen filaments are very short, attached inside the floral tube. The outer stamens are located below, the inner stamens are 0.4 cm higher. The outer and inner stamens have stamen filaments up to 0.05 cm long and 0.1 cm in diameter. The anthers are arcuate, introse, dorsifixed, the anthers in the external stamens are 0.1 cm long and the anthers in the inner stamens are 0.15 cm long and 0.05 cm in diameter.

The gynoecium is very short, 0.4 cm long. The ovary is upper, bright green, inverted ovate, 0.25 cm high and 0.2 cm in diameter, which turns into a short column up to 0.1 cm long and 0.1 cm in diameter with trilobate stigma up to 0.05 cm in length and 0.1 cm in diameter.

In the upper part of the flower flowers, at the base of the flower tube, in the stamens and in the walls of tying the existing idioblasts with cellular inclusions - raphids. They are absent in the free tops of the perianth leaves, knitter and column.

The apical part of pedicel, the base of the flower tube, the stamen filaments and the wall of the ovary, contain idioblasts with cellular inclusions – raphides. They are absent in free apices of the tepals and in the style.

In the gynoecium *T. violacea* after W. Leinfellner (1950) [11], there are four vertical zones synascidiate – 360 mkm, fertile symplicate – 300 mkm, hemisymplicate – 180 mkm, and asymplicate – 320 mkm). According to the newly created concept of septal nectary vertical zonation by Odintsova A.V. [21] for the eusyncarpous type of gynoecium, the following are distinguished: zone of distinct nectary with the postgenitally closed central part, zone of common nectary with the congenitally closed cavities of the nectary and the zone of external nectary where the septal grooves fuse with the nectariferous cavities.

Among monocotyledons, a common type of nectary is often found, which is characterized by the integration of nectar cavities with a common epidermis and the presence of free edges of the carpel. Distinct nectaries have not been widely studied [Одінцова]. Septal nectaries are

represented by three distinct tariferous cavities at the base, they unite above and open on the surface of the ovary and the total height of the septal nectary in *T. violacea* is 500 μm.

The pedicel contains 6 vascular bundles, upper they merges in a central cylinder. At the level of receptacle, they divided into traces of the tepals and dorsal bundles. In the center there is one big vascular bundle which even at the level of locules appearance does not branch. And only at the ovules appearance it is divided into three ventral crescent bundles – roots of a ventral complex which providing nutrition to the ovules with its ends formed 6 ventral bundles.

In each locule there are four ovules, the trace of ovules is one-bundle. Above the ventral bundles in pairs diverge along the partitions where over the nests merge with the dorsal bundles of the carpel and form a dorsal vein. Above the cells of the ovary, the ventral bundles of the carpel go in the septa and later unite with the dorsal bundles and form the dorsal vein. The traces of the outer tepals and traces of the inner tepals comprise 1 vascular bundles. The traces of the stamens are single-bundled and divided from the traces of outer tepals and traces of the inner tepals at the levels of the floral tube first external traces and previous internal traces.

Conclusion. In the gynoecium of the studied species were found four vertical zones: synascidiate, symplicate, hemisymplicate and asymplicate. This gynoecium is hemisyncarpous *sensu lato* because it contains a hemisymplicate zone, but also has a synascidiate zone which is a characteristic of the eusyncarpous type of gynoecium. The style in *T. violacea* consists of asymplicate zone. The total height of the septal nectary is 500 μm and it consists of distinct nectary cavities at the base of the ovary, common nectary zone with three nectary cavities united in the ovary centre and external where the septal grooves fuse with the nectariferous cavities. This type of zonality with gynoecium was not previously detected for species of the *Tulbaghia* genus.

The presence and height of different vertical zones of the ovary and septal nectary, as well as the interconnection of these two types of vertical zonality allow us to more accurately differentiate the study species in Amaryllidaceae family. And having researched these further of the fruit structure of the described representative, we will give an explanation of some morphological features that are laid down at the flower phase, because we are interested in the post-anthetic phase.

REFERENCES

1. Andreychuk R., Odintsova A. Actual state of carpological studies in the family Campanulaceae Juss. with regard to its systematics, *Studia Biologica*, 2020, 14(2). P. 95-116 (in Ukraine) DOI: 10.30970/sbi.1402.616
2. Andreychuk R., Odintsova A. Morphological and anatomical structure of *Campanula latifolia* L. *Fruits. Studia Biologica*, 2019, 13(1). P. 95-105 DOI: 10.30970/sbi.1301.593
3. Aremu A. O., van Staden J. The genus *Tulbaghia* (Alliaceae) A review of its ethnobotany, pharmacology, phytochemistry and conservation needs // *Journal of ethnopharmacology*, 2013, 149(2). P. 387-400 DOI: 10.1016/j.jep.2013.06.046
4. Barykina R. P., Veselova T. D., Deviatov A. G., Djalilova H. H., Iljina G. M., Chubatova N. V. *Handbook of the botanical microtechniques*. Moscow Uni-versity Press, Moscow, 2004 (in Russian).
5. Chase M. W., Christenhusz M. J. M., Fay M. F., Byng J. W., Judd W. S., Soltis D. E., Mabberley D. J., Sennikov A. N., Soltis P. S., Stevens P. F. The angiosperm phylogeny group. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 2016, 181. P. 1-20. doi:10.1111/boj.12385
6. Dey K., Li C., Sellers M. C., McVay J., Whilby L., Hodges G., Smith T. R. First Report of Tomato Spotted Wilt Virus Identified in *Tulbaghia violacea* in Florida // *Plant Health Progress*, 2019, 20(2). P. 131-131 DOI: 10.1094/PHP-03-19-0020-BR
7. Dyka O. Flower morphology and vascular anatomy in some representatives of Urgineoideae (Hyacinthaceae) // *Thaiszia - J. Bot.*, Košice, 2018, 28 (2). P. 125-143

8. Kulkarni M.G., Shane Sparg, van Staden J. Influence of temperature and watering frequencies on seed germination and seedling growth of *Ornithogalum longibracteatum* and *Tulbaghia violacea* // *Scientia Horticulturae*, 2005, 107(1). P.103-109 DOI: 10.1016/j.scienta.2005.08.001
9. Kulkarni M.G., Southway C., A Stirk W., Vanstaden J. Antagonistic effect of cadmium on micronutrients of *Tulbaghia violacea* // *South African Journal of Botany*, 2008, 74(2). P. 390-390 DOI: 10.1016/j.sajb.2008.01.156
10. Kumari A., Baskaran P., van Staden J. Gene transfer utilizing pollen-tubes of *Albuca nelsonii* and *Tulbaghia violacea* // *Cropp Breeding and Applied Biotechnology*, 2017, 17(3). P. 228-234 DOI: 10.1590/1984-70332017v17n3a35
11. Leinfellner W. Der Bauplan des syncarpen Gynoeceums / W. Leinfellner // *Österr. Bot. Zeitschr.* – 1950. – Bd. 97, H. 3-5. – S. 403-436.
12. Meerow A. W., Guy C. L., Li Q.-B., Clayton J. R. Phylogeny of the Tribe Hymenocallideae (Amaryllidaceae) Based on Morphology and Molecular Characters. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 2002, 89 (3). P. 400-413. doi:10.2307/3298600. JSTOR 3298600.
13. Meerow A. W., Snijman D. A. Phylogeny of Amaryllidaceae Tribe Amaryllideae Based on nrDNA ITS Sequences and Morphology. *American Journal of Botany*, 2001, 88 (12). P. 2321-2330. doi:10.2307/3558392. JSTOR 3558392.
14. Meerow A.W., Francisco-Ortega J., Schnell R.J. Phylogenetic relationships and biogeography within the Eurasian clade of Amaryllidaceae based on plastid ndhF and nrDNA ITS sequences: lineage sorting in a reticulate area? *Systematic Botany*, 2006, 31 (1). P. 42-60. doi:10.1600/036364406775971787. JSTOR 25064128.
15. Meerow A.W., Guy C.L., Li Q.-B., Yang S.-L. Phylogeny of the American Amaryllidaceae Based on nrDNA ITS Sequences. *Systematic Botany*, 2000, 25 (4). P. 708-726. doi:10.2307/2666729. JSTOR 2666729.
16. Meerow A.W., Fay M.F., Guy C.L., Li Q.-B., Zaman F.Q., Chase M.W. Systematics of Amaryllidaceae based on cladistic analysis of plastid rbcL and trnL-F sequence data. *American Journal of Botany*, 1999, 86 (9). P. 1325-1345. doi:10.2307/2656780. JSTOR 2656780. PMID 10487820.
17. Novikoff A., Odintsova A. Some aspects of gynoecium morphology in three bromeliad species. *Wulfenia*, 2008, 15, P. 13-24.
18. Odintsova A, Fishchuk O. The flower morphology in three *Convallariaceae* species with various attractive traits // *Acta Agrobotanica*, 2017, 70(1). P. 1705-1719.
19. Odintsova A. Loculicidal dehiscence of superior and inferior capsular fruits in *Myrtales* *Studia Biologica*, 2016, 10(3-4). P. 129-140 (in Ukraine) DOI: 10.30970/sbi.1003.504
20. Odintsova A. Two principal models of monocots' septal nectaries Visnyk of the Lviv University. Series Biology. 2013, 61. P. 41-50 (in Ukraine)
21. Odintsova A. Vertical Zonality Of Septal Nectaries Of Monocots. *Modern Phytomorphology*, 2013,4: 317-318 (in Ukraine) DOI: 10.5281/zenodo.161409
22. Odintsova A., Fishchuk O., Sulborska A. The gynoecium structure in *Dracaena fragrans* (L.) Ker Gawl., *Sansevieria parva* N.E. Brown and *Sansevieria trifasciata* Prain (Asparagaceae s.l.) with special emphasis on the structure of the septal nectary. *Acta Agrobotanica*, 2013, 66 (4). P. 55-64.
23. Phelan S., Douglas G., Hunter A. Micropropagation and growth regulation of *Tulbaghia violacea* Silver Lace // *Acta horticulturae*, 2007, 764(764). P. 113-118 DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.764.13
24. Pino J., Quijano C. E., Fuentes V. Volatile Compounds of *Tulbaghia violacea* Harv. // *Journal of essential oil-bearing plants* JEOP, 2013, 11(2). P. 203-207 DOI: 10.1080/0972060X.2008.10643621
25. Ranglova K., Krejčová P., Kubec R. The effect of storage and processing on antimicrobial activity of *Tulbaghia violacea* // *South African Journal of Botany*, 2015, 97. P. 159-164 DOI: 10.1016/j.sajb.2015.01.011
26. Skrypec K., Odintsova A. Anatomical Structure Of Pericarp In *Gladiolus imbricatus* L. And *Iris sibirica* L. (Iridaceae). *Modern Phytomorphology*, 2014, 6. P. 257-258 (in Ukraine) DOI: 10.5281/zenodo.160774
27. Skrypec K., Odintsova A. Fruit and seed morphology in *Iris sibirica* L. and *Gladiolus imbricatus* L. in relation with the modes of dissemination *Biological systems*, 2015, 7(1). P. 93 (in Ukraine)
28. Skrypec K., Odintsova A. Morphogenesis of fruits in *Gladiolus imbricatus* and *Iris sibirica* (Iridaceae). *Ukrainian Botanical Journal*, 2020, 77(3). P. 210-224 (in Ukraine) DOI: 10.15407/ukrbotj77.03.210
29. Skrypec K., Odintsova A. New data on pollination of *Iris sibirica* L. (Iridaceae). *Studia Biologica*, 2014, 8(3-4). P. 197-208 (in Ukraine) DOI: 10.30970/sbi.0803.383

ECOLOGY

Один з підходів до дослідження водних екосистем

О. А. Котовенко, О. Ю. Мірошниченко

Київський національний університет будівництва і архітектури
Corresponding author: kotovenko_ea@ukr.net

Paper received 02.12.20; Accepted for publication 16.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-03>

Анотація. Як один з перспективних методів при дослідженні процесів зміни станів водних екосистем під дією антропогенного та техногенного навантаження в роботі пропонується застосування методу ймовірносно-автоматного моделювання. Такий підхід надає можливість визначити механізми процесів переходу системи із стану в стан, а також визначити характеристики даної системи в кожному із станів, враховуючи невизначеності, і провести аналіз екологічної ємності та визначити коефіцієнт вразливості водної екосистеми в дискретні моменти часу для певного регіону.

Ключові слова: водна екосистема, техногенне навантаження, екологічна ємність, коефіцієнт вразливості, ймовірносно-автоматне моделювання.

Вступ. Зміни у компонентах навколишнього середовища, які в наш час проходять під дією антропогенно-техногенних впливів, призводять до загальних змін як у регіональних, так і в глобальних екосистемах. Дослідження процесів, що протікають в підсистемах регіональної екосистеми є базовим системним підходом при визначенні і прогнозуванні їх стану. Ці процеси формуються і розвиваються під дією техногенних навантажень, обумовлених відповідним типом природокористування. Динамічні процеси, що пов'язані з природокористуванням взагалі і безперервно діючим техногенним навантаженням зокрема, які мають широкий спектр дій, постійно змінюються і впливають на компоненти екосистем, несуть в собі ризик змін та деградацію середовища. Характер цих змін обумовлений регіональними особливостями екосистем, в якості підсистем яких розглядається атмосфера, гідросфера і літосфера. Особливу і дуже важливу роль в аналізі, вивченні та прогнозі станів регіональних екосистем відіграє дослідження процесів міграційного накопичення забруднювачів та змін їх під дією техногенезу. Оскільки фактори антропогенно-техногенного впливу мають ймовірнісний характер, то вирішення цієї проблеми вимагає застосування стохастичних підходів. Одним із таких підходів, що пропонується застосовувати, є ймовірносно-автоматне моделювання.

Короткий огляд публікацій з теми. На сьогодні існує велика кількість математичних моделей водних екосистем різного рівня складності та призначення. Вони базуються на різноманітних концепціях, що допускають різну формалізацію, тобто використання різноманітного математичного апарату. Найбільш поширеними серед них є [1-5]:

- моделі динаміки популяцій та співтовариств водних організмів, що базуються на класичній моделі «хижак-жертва»;
- моделі, що використовуються для дослідження основних закономірностей формування біологічної продуктивності водоймищ певного типу;
- моделі дослідження процесів якості води;
- моделі хімічних та біохімічних процесів, що протікають у водних системах;

- моделі процесів міграції і накопичення токсикантів і їх впливу на продуктивність гідробіонтів;
- моделі, що використовують кластерний аналіз тощо.

Узагальненої методології та загальних методів і моделювання трансформації природних екосистем поки що не існує. В той же час однією з найважливіших проблем, яка досліджується в гідроекології, можна вважати аналіз і вивчення механізмів процесів зміни (динаміку) і оцінку станів водної екосистеми під дією антропогенно-техногенних впливів.

Мета. Метою роботи є обґрунтування застосування ймовірносно-автоматного моделювання при дослідженні процесів і станів водної екосистеми під дією антропогенно-техногенного впливу.

Матеріали і методи. Для дослідження процесів, що проходять в водних екосистемах у конкретному регіоні під дією техногенного навантаження, в роботі пропонується застосування методу ймовірносно-автоматного моделювання.

Поняття ймовірнісного автомату – це синтез поняття кінцевого детермінованого автомату і ланцюгів Маркова. Він застосовується для побудови математичних моделей динамічних (еволюціонуючих) систем в яких присутні невизначеності, що описуються статистичними закономірностями. [6]

Невизначеність може бути пов'язана:

- з неточностями знань про стани в яких знаходиться модельована система в процесі свого функціонування;
- недетермінованістю зміни цих станів.

Ймовірносно-автоматне моделювання надає можливість опису переходів об'єкту моделювання в різні стани, а також застосовується для опису складних багатокomпонентних систем і складних багатofакторних процесів. [6,7]

Ймовірнісні автомати приймають вхідні дії (впливи) і реагують на них шляхом видачі вихідного сигналу, а також переходу з поточного внутрішнього стану в наступний. Природа зміни станів та вихідна реакція носять ймовірнісний характер.

Ймовірносно-автоматна модель процесу накопичення техногенних змін у водній екосистемі, що розг-

лядається, задається за допомогою відповідних автоматів, кількість яких дорівнює подвоєній загальній кількості досліджуваних техногенних впливів плюс сумарна кількість техногенних впливів на всьому відрізку перебування.

За екологічний критерій для дослідження водної екосистеми обирається такий показник, як екологічна ємність цієї системи, тобто кількісно виражена здатність (ступінь здатності) екосистеми виконувати природну функцію під дією антропогенних/техногенних навантажень:

$$\varepsilon = I_{вр} \cdot P$$

де $I_{вр}$ – індекс вразливості екосистеми, що характеризує динаміку здатності екосистеми до самоочищення (самовідновлення) при різних рівнях антропогенного (техногенного) навантаження:

$$I_{вр} = \frac{\Delta S}{\Delta F} = \frac{(S_t - S_0)F_t}{(F_t - F_0)S_t}$$

S_0, S_t - індекси порушення компонента на фоновому та поточному етапі розвитку; F_0, F_t – потужності техногенного/антропогенного впливу, фоновому та поточному.

P – ресурсний потенціал водної екосистеми (РПВ), який характеризує інтегральні показники якості води і складається з показників характеристик, що визначають якість води (кратність відповідності ГДК).

Ресурсний потенціал водних об'єктів визначається як ступінь забруднення водних об'єктів регіону і наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Ресурсний потенціал водних об'єктів

Ступінь забруднення	Індекси сумарного забруднення	Ресурсний потенціал	Екологічна оцінка якості води
Допустима	0 – 5	5	Чиста
Помірна	5 – 10	4	Умовно чиста
Підвищена	10 – 15	3	Забруднена (шкідлива для питного вживання)
Висока	15 – 20	2	
Дуже висока	>20	1	

Індекси сумарної забрудненості води розраховується як

$$I = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$$

де $X_1 = X_{11} + X_{12}$ – сумарна кратність перевищення за органолептичними показниками:

X_{11} – кратність перевищення показників за смаком, запахом (в балах);

X_{12} – кратність перевищення ГДК за органолептичною ознакою шкідливості;

X_2 – кратність перевищення ГДК за токсикологічними властивостями (токсикологічною ознакою шкідливості);

$X_3 = X_{31} + X_{32}$ – кратність перевищення за санітарним режимом:

X_{31} – кратність перевищення БПК (біологічної потреби в кисні);

X_{32} – коефіцієнт, який показує недостатність розчиненого кисню у воді (1 – кисень у нормі; 0,25 – дуже висока недостатність кисню у воді);

X_4 – кратність перевищення за бактеріологічними показниками (перевищення допустимого вмісту бактерій групи кишкової палички у воді).[9-11]

Результати і їх обговорення. Задача дослідження полягає в урахуванні накопичення певного виду змін у водній екосистемі, що досліджується, за достатньо тривалий період часу вимірювання і розрахунку показників певних характеристик і на їх основі визначення показників РПВ в певні відрізки часу. Задача полягає також у дослідженні станів, в яких знаходиться водна екосистема у певні моменти часу (на основі РПВ), розрахунку інтенсивності процесу переходу екосистеми із стану в стан, коефіцієнтів вразливості у даному стані та зміни екологічної ємності на даному етапі еволюції системи.

При відображенні динаміки процесу зміни станів системи шляхом побудови ймовірнісних автоматів необхідно знати в якому стані знаходиться екосистема в початковий момент дослідження. [5]

База даних для побудови ймовірнісно-автоматної моделі водної екосистеми включає такі характеристики:

1. початкові дані стосовно факторів, що характеризують основний показник стану водної екосистеми;
2. моменти часу, в які відбувається вплив відповідних (визначених) техногенних факторів на водну екосистему;
3. кількісні характеристики діючих факторів кожного досліджуваного впливу;
4. потужність впливу відносно водних факторів кожного досліджуваного впливу;
5. ймовірності (кількості) випадкових знешкоджень дій факторів впливу (розмиви, розкладання тощо);
6. ймовірність накопичення наслідків діючих факторів;
7. ймовірність зменшення дії цих факторів на водну екосистему;
8. ймовірність впливу природних факторів на наслідки техногенного впливу.

Апроксимуючим законом розподілу, який найбільше відповідає накопиченню антропогенних змін у водній екосистемі обирається нормальний закон розподілу.[8,11]

Стан водної екосистеми може бути формалізований як функціоналами антропогенної дії, так і функцією, яка характеризує її стійкість.

В процесі статистичного дослідження використовується критерій згоди χ^2 Колмогорова-Смирнова, кореляційні та автокореляційні методи. [11,12]

Висновки. Ймовірнісно-автоматне моделювання при дослідженні водної екосистеми надає можливості:

1. аналізу властивостей механізмів процесів, що проходять у водних екосистемах, та оцінки станів екосистем;
2. оцінити потужність техногенних впливів за рахунок визначення інтенсивності переходу системи із стану в стан;
3. оцінювання та прогнозування розвиток процесів в екосистемах під дією техногенних навантажень;
4. прогнозування напрямку еволюційного розвитку водної екосистеми та загальної екосистеми певного регіону під впливом природокористування;

5. визначити та прогнозувати ймовірність переходу до стану деградації, що сприяє виявленню і уникненню таких станів і надає можливість визначення умов екологічно безпечного природокористування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лаврик В.И. Математическое моделирование в гидроэкологических исследованиях / В.И. Лаврик, Н.А. Никифорович – Киев: Фитосоциум-центр, 1998. 287 с.
2. Судольский А.С. Динамические явления в водоемах / А.С. Судольский – Ленинград: Гидрометеоздат, 1991. 263 с.
3. Осадчий В.И. Применение стохастического подхода для определения классов состояния природных вод по химическим элементам качества / В.И. Осадчий, Л.А. Ковальчук, Н.Н. Осадчая, Ю.Б. Набиванец. - Наукові праці УкрНДГНУ, 2016. вип. 269. с.49-59.
4. Мокін В.Б. Математичні моделі та програми оцінювання якості річкових вод /В.Б.Мокін, Б.І. Мокін. — Вінниця: Універсум-Вінниця, 2000. — 152 с. ISBN 966-7199-81-9
5. Яцик А.В. Энциклопедия водного хозяйства, природокористування, природовідтворення, сталого розвитку / Яцик А.В., Шевчук В.Я. – Київ: Генеза, 2006. 1000с. ISBN 966-504-471-0
6. Кононюк А.Е. Дискретно-непрерывная математика. Книга 11. Автоматы. Часть 3. Вероятностные и нечеткие автоматы./ Кононюк А.Е. Киев: «Освіта України», 2017.
7. Яровицкий Н.В. Вероятностные автоматы и имитационное моделирование./ Н.В. Яровицкий Кибернетика и системный анализ. 1993. №3. с. 20-30
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и математическая статистика. / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. - Москва: Наука, 1973, 364 с.
9. Звіт 4-ДБ-2007 «Дослідження і визначення умов і механізмів екологічно-безпечного природокористування на рівні регіонів і регіональних екосистем». № держреєстрації 0107U000450, Київ КНУБА, етапи 1- із 2007-2009
10. Заграй Я.М., Котовенко О.А. Мірошніченко О.Ю. Визначення екологічної ємності регіональних екосистем як критерію оцінювання. 2010 Депон. рукопис ДРНП 87.03.17. ДІЕК КНУБА, Київ. 24 с.
11. Заграй Я.М. Вплив фізичних і хімічних забруднювачів на еко- і біосистеми / Заграй Я.М., Котовенко О.А. Мірошніченко О.Ю.; за ред. Заграя Я.М. Монографія. – Київ: Наукова думка, 2009. 276 с. ISBN 978-966-627-143-6
12. Котовенко О.А., Мірошніченко О.Ю. Стохастичне моделювання як інструмент дослідження розвитку процесів під дією природокористування в регіоні. Зб. Наук. Статей конференції «Комп'ютерне моделювання в хімії, технологіях і системах сталого розвитку». Київ-Рубіжне – 2012. с .246-248

REFERENCES

1. Lavrik V.I. Mathematical modelling in hydroecological research/ V.I. Lavrik, N.A.Nikiforovitch – Kiev: Fitosocium-center, 1998. 287 s.
2. Sudolsky A.S. Dynamic phenomena in reservoirs / A.S. Sudolsky - Leningrad: Hydrometeoizdat, 1991. 263 s.
3. Osadchiy V.I. Application of the stochastic approach for definition of classes of a condition of natural waters on chemical elements of quality / V.I. Osadchiy, L.A. Kovalchuk, N.N. Osadchaya, Yu.B. Nabivanec. - Scientific works of UkrNDGNU, 2016. issue. 269. pp.49-59
4. Mokin V.B. Mathematical models and programs for assessing the quality of river waters / V.B. Mokin, B.I. Mokin. - Vinnytsia: Universum-Vinnytsia, 2000. - 152 p. ISBN 966-7199-81-9
5. Yatsyk A.V Encyclopedia of water management, nature management, nature reproduction, sustainable development / Yatsyk A.V., Shevchuk V.Ya. - Kyiv: Genesis, 2006. 1000p. ISBN 966-504-471-0
6. Kononyuk A.Ye. Discrete-continuous mathematics. Book 11. Automata. Part 3. Probabilistic and fuzzy automata / Kononyuk A.Ye. Kiev: Osvita Ukrainy, 2017.
7. Yarovitskiy N.V. Probabilistic automata and simulation modeling. / N.V. Yarovitskiy Cybernetics and Systems Analysis. 1993. No. 3. pp. 20-30
8. Venttsel' Ye.S. Theory of Probability and Mathematical Statistics. / Ye.S. Venttsel', L.A. Ovcharov. - Moskva: Nauka, 1973, 364 p.
9. Zvit 4-DB-2007 « Research and determination of conditions and mechanisms of ecologically safe nature management at the level of regions and regional ecosystems». № derzhreestratsiyi 0107U000450, Kyiv KNUBA, etapy 1-3. 2007-2009
10. Zahray YA.M., Kotovenko O.A. Miroshnychenko O.YU. Vyznachennya ekolohichnoyi yemnosti regional'nykh ekosystem yak kryteriyu otsinyuvannya. 2010 Depon. rukopys DRNP 87.03.17. DIEK KNUBA, Kyiv. 24 s.
11. Zahray Ya.M. Influence of physical and chemical pollutants on eco- and biosystems. / Zahray Ya.M., Kotovenko O.A. Miroshnychenko O.Yu.; za red. Zahraya Ya.M. Monohrafiya. – Kyiv: Naukova dumka, 2009. 276 s. ISBN 978-966-627-143-6
12. Kotovenko O.A., Miroshnychenko O.YU. Stochastic modeling as a tool for studying the development of processes under the influence of nature management in the region. zb. nauk. statey konferentsiyi «Komp'yuterne modelyuvannya v khimiyi, tekhnolohiyakh i systemakh staloho rozvytku». Kyiv-Rubizhne – 2012. c .246-248

One of the approaches to the aquatic ecosystems study

O. A. Kotovenko, O. Yu. Miroshnychenko

Abstract. As one of the promising methods in the study of processes of change in the aquatic ecosystems state under the anthropogenic and man-made load action, the application of the probabilistic-automatic modeling method is proposed in the paper. This approach makes it possible to determine the processes mechanisms of system transition from state to state, as well as to determine the characteristics of this system in each state, taking into account uncertainties, and to analyze ecological capacity and determine the vulnerability of aquatic ecosystems in discrete moment times for a particular region.

Keywords: *aquatic ecosystem, man-caused load, ecological capacity, vulnerability coefficient, probabilistic-automatic modeling.*

ENGINEERING

Analysis of axisymmetric bending of round continuous plates on a variable elastic base by the finite element method

Y. Krutii ^{1,a}, M. Surianinov ^{1,b*}, M. Soroka ^{1,c}, G. Karnauhova ^{1,d}

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrihsona str., Odessa, Ukraine, 65029
Corresponding author: ^bsng@ogasa.org.ua

Paper received 01.06.20; Accepted for publication 18.06.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-04>

Abstract. The results of the study of axisymmetric bending of round continuous plates on a variable elastic foundation are presented. The finite element method used in the LIRA-SAPR software is used as the most universal of the numerical methods. Eight options for calculating a continuous round plate (slab) under two fixing conditions and two different laws of changing the coefficient of subgrade resistance are considered. In all cases, the results completely coincide with the known results of bending plates that do not have an elastic foundation and in the case when this foundation exists and its resistance is constant. It is noted that the discrepancy here is very slight - in the third significant digit after the decimal point for deflection at simple support and in the second for moments. With fixing, deflections and moments also differ from the corresponding values of the known solutions in the second significant digit after the decimal point. As for the elastic foundation, coefficient of subgrade resistance of which varies according to the law of a curved parabola, there are no data for comparison; need an alternative method that will allow you to perform similar calculations. To date, such a method (analytical) has already been developed by the authors of the paper. Its concept and comparison with the results of finite element analysis will be the subject of our next publication in the field of calculation of plates on a variable elastic foundation.

Keywords: *plate, elastic foundation, Winkler foundation, coefficient of subgrade resistance, finite element method, LIRA-SAPR.*

Introduction. A plate on an elastic foundation is a design scheme for many structures used in various industries. First of all, this applies to construction projects, and, in particular, to foundation beams and slabs. The study of structures lying on an elastic foundation is one of the urgent and most complex problems of the mechanics of a deformable solid. Recently, interest in these tasks has been growing more and more in connection with the transition to the construction of multi-storey buildings. In design practice, one has to deal with cases when the design for one reason or another does not fully rely on an elastic foundation. For example, the presence of underground utilities, soil erosion as a result of pipeline accidents, karst formations in the construction zone of the object. In these cases, an elastic bed model with a variable bed coefficient is used. There are various models of elastic foundation. The simplest is the Winkler model, or spring model. For beams on a permanent elastic foundation, this model allows you to get the exact solution, but for slabs - no. When the elastic foundation is variable, the task becomes even more complicated. There is no single approach to a universal analytical solution construction. Therefore, approximate calculation methods based on the discretization of the system are used.

Problem formulation. The variable bed coefficient model allows you to take into account the heterogeneous properties of the base, both in plan and in depth. Such a model, for example, is used in calculating the stress-strain state of the foundations of structures lying on subsidence soils. In this case, the coefficient of bed is a variable, depending on the coordinate in which the settlement of the base is determined. Differential equations describing the behavior of such structures under different types of exposure are equations with variable coefficients, the analytical solutions of which are extremely rare in scientific publications.

In this paper, in the general case, an annular plate of constant cylindrical stiffness is considered, which lies on a variable elastic foundation and is under the action of a continuously distributed transverse load.

Analysis of publications. The theory of calculating struc-

tures lying on an elastic foundation with one or two bed coefficients was developed in the works of A.N. Krylov, M.N. Gersevanov, P.L. Pasternak, V.Z. Vlasov, B.N. Zhemochkin, I.A. Simvulidi [1] and many others. Among foreign scientists, O.C. Zienkiewicz [2], C.S. Desai, J.T. Christian, A.M. Ioannides etc. had worked on this problem.

The problem of calculating a rectangular slab on an elastic foundation has so far not had an exact analytical solution [3] even for the simplest model of an elastic foundation (Winkler model). The main problem here is to satisfy the static boundary conditions at the edges of the slab. For the problem of axisymmetric bending of round plates on an elastic foundation, a solution is proposed by representing the sediment of the plate in the form of the eigenfunctions of the differential operator of the axisymmetric vibrations of a round plate with free faces. This solution is implemented when solving contact problems for ring plates [4, 5].

The dynamics of round plates on an elastic foundation, based on the classical theory of plates, has been studied by many researchers [6-8]. In these works, results were obtained for practical applications based on analytical and numerical solutions. However, most of the work is associated with a variable thickness of the plate with constant resistance of the elastic base.

The natural vibrations of a round plate lying on a variable elastic foundation of the Winkler type were considered in the work of A.M. Doronin and V.A. Soboleva [9]. The coefficient of the bed base varies according to a power law in the direction of the radius. The natural frequencies of oscillations are determined by the Kirchhoff theory by the analytical method. The basic equation written in complex variables is solved by the method of successive approximations. Calculations for the coefficient of the bed are carried out; it varies according to a linear or quadratic law.

In article [10], free linear transverse vibrations of a circular plate basing on an elastic Winkler-type foundation are considered. A constant radial load acts on the plate. The natural frequencies of the plate are determined depending on the load parameter and the Winkler constant by numerically

solving the characteristic equation. The existence of an additional oscillation frequency, which depends only on the Winkler constant, is established.

In [11], a model was proposed based on the Winkler theory, but with a variable bed coefficient, which allows one to take into account the inhomogeneous behavior of the foundation. The basic equation is solved using the Galerkin method and the possibility of the presence of hard points in the foundation is considered.

Aim of Paper. The aim of this work is to study the axisymmetric bending of round continuous plates on a variable elastic foundation using the finite element method.

Materials and Methods. Eight calculation options were considered - four for a steel round plate and four more for a concrete round plate under two conditions of support and two different laws of changing the coefficient of bed. To solve this problem, the finite element method implemented in the LIRA-SAPR software [12] is used as the most universal of numerical methods.

Research Results. In the general case, an annular plate of constant cylindrical stiffness is considered (Fig. 1), which lies on a variable elastic foundation and is under the action of a continuously distributed transverse load. Axially symmetric plate bending occurs when acting loads, $q(r)$ elastic foundation reaction $R(r)$ and the conditions for fixing the edges are not dependent on the polar angle θ . With such a bend in the plate, only three internal forces act, namely, the

radial M_r and circular M_θ bending moments, as well as radial transverse force Q_r .

Here a and b — radii of the outer and inner contour circles of the plate, r — radial coordinate ($0 \leq r \leq a$). In the particular case, with the value $b = 0$, we will get a solid round plate.

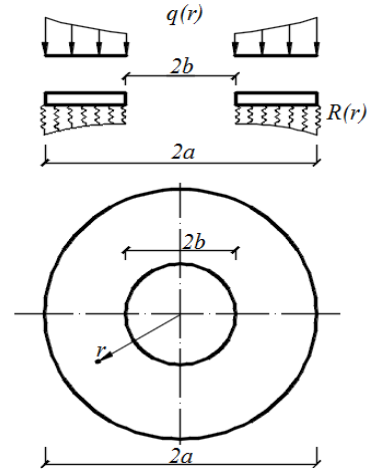


Fig. 1. Plate on a variable elastic foundation under transverse loading

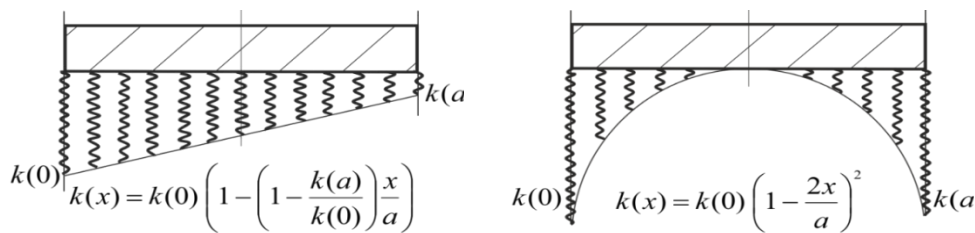


Fig. 2. Foundation models

Table 1. Deflections and moments at various coefficients of the bed in a concrete slab with simple support

Coord., m	W, mm		M_r , kNm/m		M_θ , kNm/m	
	The law of changing the coefficient of bed					
	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola
0	-0,003947	-0,06593	-0,017122	0,487252	-0,017271	0,492283
0,085714	-0,003976	-0,06509	-0,016508	0,451607	-0,017036	0,48059
0,171429	-0,004063	-0,06264	-0,016825	0,3775	-0,016854	0,455318
0,257143	-0,004206	-0,05877	-0,019370	0,278165	-0,017164	0,419495
0,342857	-0,004410	-0,05378	-0,024670	0,165684	-0,018200	0,375868
0,428571	-0,004687	-0,04804	-0,032596	0,052837	-0,020062	0,327456
0,514286	-0,005062	-0,04193	-0,042260	-0,04885	-0,022710	0,277306
0,6	-0,005564	-0,03582	-0,051884	-0,13063	-0,025949	0,228202
0,685714	-0,006227	-0,03003	-0,058716	-0,18743	-0,029408	0,182436
0,771429	-0,007079	-0,02479	-0,059111	-0,21796	-0,032537	0,141674
0,857143	-0,008134	-0,02025	-0,048889	-0,22419	-0,034619	0,106912
0,942857	-0,009376	-0,01647	-0,024044	-0,21034	-0,034830	0,078531
1,028571	-0,010747	-0,01343	0,018185	-0,18162	-0,032336	0,056408
1,114286	-0,012131	-0,01106	0,077986	-0,14314	-0,026437	0,04007
1,2	-0,013354	-0,00925	0,151624	-0,09911	-0,016745	0,028851
1,285714	-0,014186	-0,00786	0,230399	-0,05268	-0,003373	0,022016
1,371429	-0,014365	-0,00672	0,300330	-0,00643	0,012910	0,018835
1,457143	-0,013633	-0,00567	0,342984	0,036187	0,030580	0,018572
1,542857	-0,011792	-0,00458	0,337644	0,068602	0,047384	0,020383
1,628571	-0,008776	-0,0033	0,264739	0,078045	0,060494	0,023101
1,714286	-0,004716	-0,00176	0,110008	0,042321	0,066801	0,024939
1,8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,067324	0,025409

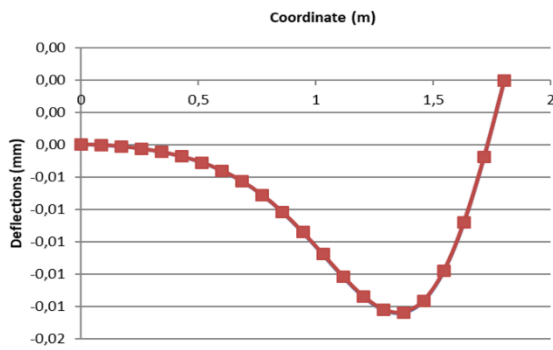


Fig. 3. Dependence of the deflection on the coordinate with a linear coefficient of bed

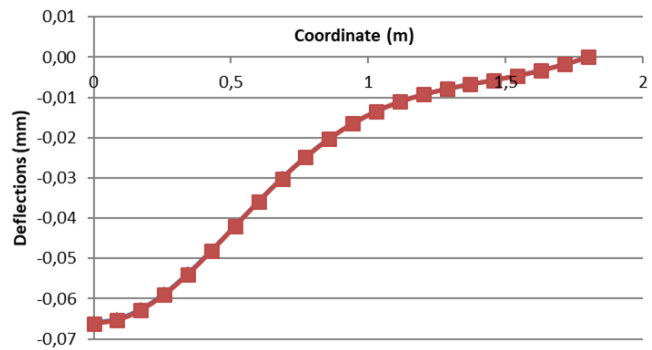


Fig. 4. Dependence of the deflection on the coordinate with the coefficient of bed, which varies according to the law of concave parabola

Table 2. Deflections and moments at different bed coefficients in a concrete slab with rigid contour fixing

Coord., m	W, mm		M_r , kNm/m		M_θ , kNm/m	
	The law of changing the coefficient of bed					
	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola
0	-0,003925	-0,003690	-0,021528	-0,003661	-0,021650	-0,003579
0,085714	-0,003962	-0,003696	-0,021064	-0,004276	-0,021467	-0,003778
0,171429	-0,004071	-0,003716	-0,021460	-0,005715	-0,021353	-0,004240
0,257143	-0,004252	-0,003752	-0,023511	-0,008026	-0,021642	-0,004973
0,342857	-0,004509	-0,003811	-0,027095	-0,011263	-0,022429	-0,005996
0,428571	-0,004852	-0,003902	-0,031339	-0,015303	-0,023649	-0,007310
0,514286	-0,005295	-0,004039	-0,034671	-0,019683	-0,025088	-0,008871
0,6	-0,005850	-0,004236	-0,034902	-0,023436	-0,026395	-0,010564
0,685714	-0,006525	-0,004506	-0,029432	-0,024991	-0,027100	-0,012179
0,771429	-0,007311	-0,004860	-0,015646	-0,022198	-0,026657	-0,013398
0,857143	-0,008176	-0,005295	0,008444	-0,012606	-0,024504	-0,013805
0,942857	-0,009056	-0,005792	0,043340	0,005936	-0,020166	-0,012926
1,028571	-0,009849	-0,006302	0,087085	0,034312	-0,013374	-0,010316
1,114286	-0,010421	-0,006745	0,134376	0,070885	-0,004206	-0,005686
1,2	-0,010615	-0,007010	0,176028	0,110209	0,006783	0,000930
1,285714	-0,010275	-0,006965	0,199085	0,142109	0,018468	0,009007
1,371429	-0,009288	-0,006485	0,187797	0,151674	0,029123	0,017386
1,457143	-0,007630	-0,005496	0,125536	0,120643	0,036490	0,024224
1,542857	-0,005425	-0,004030	-0,002570	0,030360	0,037943	0,027074
1,628571	-0,002995	-0,002291	-0,206942	-0,134215	0,030741	0,023121
1,714286	-0,000907	-0,000713	-0,491704	-0,380818	0,012317	0,009540
1,8	0,000000	0,000000	-0,662781	-0,533254	0,000000	0,000000

Geometrical and finite element modeling of the plate was performed in the LIRA-SAPR software. Based on this model, we consider a series of problems with various sets of input data. Namely: we will consider two plates made of various materials with simple support along the contour, and then the same plates rigidly fixed along the contour.

The calculations for each of them will be performed with two models of the elastic base — with the bed coefficient changing according to the linear law and according to the law of the concave parabola (Fig. 2).

Example 1. Concrete plate with contour simple support.

As a first example, consider a round plate with a thickness of $h = 0,12m$ and radius of $a = 1,8m$, which is under the action of a uniformly distributed load $q = 15kPa$. Material — concrete ($E = 1,5 \cdot 10^7 kPa$; $\mu = 0$).

Calculation results with the linear law of change in the coefficient of bed and with the concave parabola changing law are given in Table 1.

Figure 3 shows the dependence of the deflection on the coordinate for a concrete slab simply supported along the contour and basing on a foundation, the bed coefficient of

which varies linearly, and Figure 4 is for the same plate, but basing on a foundation, the bed coefficient of which varies according to the law of a concave parabola.

Example 2. Concrete plate with the same initial data as in the previous example, but with rigid fixing along the contour.

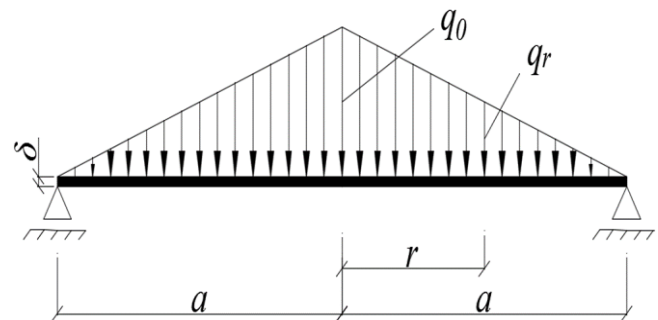


Fig. 5. Load varying along the radius linearly

Calculation results with the linear law of change in the coefficient of bed and with the concave parabola changing law are given in Table 2. Example 3. Steel plate with the contour simple support.

Table 3. Deflections and moments at various bed coefficients in a simply supported steel plate

Coord., m	w , mm		M_r , kNm/m		M_θ , kNm/m	
	The law of changing the coefficient of bed					
	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola
0	-0,051840	-0,043500	-0,044891	0,117341	-0,045169	0,118254
0,038095	-0,051886	-0,043378	-0,040827	0,107285	-0,042791	0,112219
0,07619	-0,052021	-0,043026	-0,031626	0,090531	-0,037327	0,101505
0,114286	-0,052226	-0,042480	-0,017598	0,072830	-0,028959	0,089493
0,152381	-0,052475	-0,041780	0,001516	0,057581	-0,017585	0,078173
0,190476	-0,052724	-0,040967	0,025977	0,047134	-0,003069	0,068982
0,228571	-0,052922	-0,040070	0,055842	0,042962	0,014647	0,062890
0,266667	-0,053001	-0,039104	0,090804	0,045812	0,035463	0,060485
0,304762	-0,052880	-0,038066	0,130044	0,055779	0,059050	0,062011
0,342857	-0,052468	-0,036936	0,172111	0,072327	0,084790	0,067385
0,380952	-0,051665	-0,035677	0,214876	0,094281	0,111745	0,076200
0,419048	-0,050366	-0,034236	0,255547	0,119794	0,138652	0,087718
0,457143	-0,048471	-0,032550	0,290765	0,146339	0,163957	0,100860
0,495238	-0,045888	-0,030550	0,316828	0,170771	0,185899	0,114231
0,533333	-0,042548	-0,028172	0,329994	0,189484	0,202633	0,126183
0,571429	-0,038407	-0,025360	0,326921	0,198736	0,212410	0,134932
0,609524	-0,033467	-0,022083	0,305163	0,195101	0,213790	0,138750
0,647619	-0,027768	-0,018338	0,263721	0,176091	0,205879	0,136214
0,685714	-0,021408	-0,014160	0,203609	0,140906	0,188584	0,126522
0,72381	-0,014529	-0,009626	0,128356	0,091235	0,162847	0,109838
0,761905	-0,007322	-0,004857	0,044400	0,032023	0,130844	0,087639
0,8	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,113384	0,075250

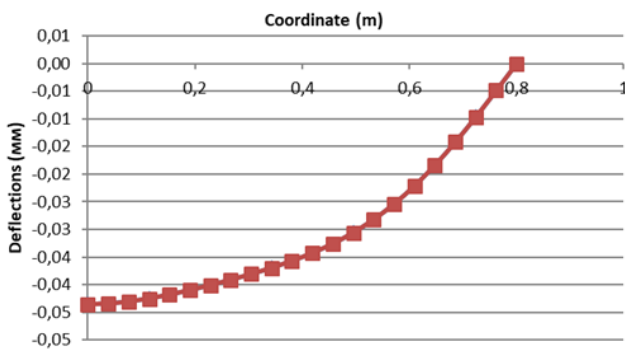


Fig. 6. Dependence of the deflection on the coordinate with a linear coefficient of bed

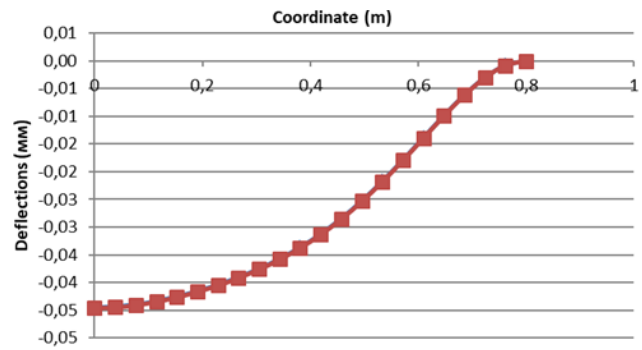


Fig. 7. Dependence of the deflection on the coordinate with the coefficient of bed, which varies according to the law of concave parabola

Table 4. Deflections and moments at various ratios of the bed in a rigidly fixed steel plate

Coord., m	w , mm		M_r , kNm/m		M_θ , kNm/m	
	The law of changing the coefficient of bed					
	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola	Linear	Concave parabola
0	-0,053638	-0,044528	-0,002481	0,127336	-0,003049	0,128078
0,038095	-0,053641	-0,044396	0,005254	0,119488	0,001502	0,123348
0,07619	-0,053642	-0,044012	0,022031	0,107524	0,011562	0,115508
0,114286	-0,053609	-0,043401	0,046279	0,096754	0,026262	0,107696
0,152381	-0,053492	-0,042592	0,077054	0,090180	0,045085	0,101706
0,190476	-0,053223	-0,041603	0,113105	0,089543	0,067398	0,098674
0,228571	-0,052720	-0,040443	0,152660	0,095415	0,092333	0,099139
0,266667	-0,051890	-0,039101	0,193303	0,107310	0,118722	0,103097
0,304762	-0,050636	-0,037553	0,231885	0,123724	0,145048	0,110020
0,342857	-0,048861	-0,035758	0,264527	0,142172	0,169438	0,118884
0,380952	-0,046482	-0,033673	0,286742	0,159256	0,189701	0,128192
0,419048	-0,043436	-0,031249	0,293655	0,170775	0,203421	0,136026
0,457143	-0,039696	-0,028452	0,280355	0,171945	0,208090	0,140134
0,495238	-0,035278	-0,025266	0,242347	0,157748	0,201313	0,138076
0,533333	-0,030264	-0,021713	0,176093	0,123444	0,181032	0,127431
0,571429	-0,024796	-0,017860	0,079588	0,065214	0,145785	0,106078
0,609524	-0,019101	-0,013833	-0,047097	-0,019097	0,094954	0,072505
0,647619	-0,013475	-0,009823	-0,201398	-0,129267	0,028977	0,026142
0,685714	-0,008297	-0,006091	-0,378028	-0,262094	-0,050521	-0,032362
0,72381	-0,004000	-0,002957	-0,569023	-0,411126	-0,140685	-0,100960
0,761905	-0,001068	-0,000795	-0,764192	-0,566905	-0,237571	-0,176239
0,8	0,000000	0,0000	-0,863413	-0,64632	-0,287804	-0,21544

As a third example we will consider round plate with a thickness of $h = 0,03m$ and radius $a = 0,8m$, which is under action of load, changing along radius by linear law $q = q_0(1 - \frac{r}{a})$, where $q_0 = 200kPa$ — load intensity in the center of the plate (Fig. 5). Material — steel ($E = 2,1 \cdot 10^8 kPa$; $\mu = 0,33$).

Calculation results with the linear law of change in the coefficient of bed and with the concave parabola changing law are given in Table 3.

Example 4. Steel plate with the same initial data as in previous example, but rigidly fixed along contour.

Calculation results with the linear law of change in the coefficient of bed and with the concave parabola changing law are given in Table 4.

Figure 6 shows the dependence of the deflection on the coordinate for a steel plate simply supported along the contour and basing on a foundation, the bed coefficient of which varies linearly, and Figure 7 is for the same plate, but rigidly fixed along contour.

Conclusions. Thus, using the most universal of the numerical methods - the finite element method - eight options

for calculating a continuous round plate (slab) lying on an elastic Winkler-type foundation are considered under two fixing conditions and two different laws of changing the bed coefficient. Modeling and calculations are performed using the LIRA-SAPR software package. In all cases, the results completely coincide with the known results of bending plates that do not have an elastic base and in the case when this base exists and its resistance is constant [13]. The discrepancy here is very slight - in the third significant digit after the decimal point for deflection with simple support and in the second for moments. With rigid fixing, deflections and moments also differ from the corresponding values of the known solutions in the second significant digit after the decimal point. As for the elastic foundation, the bed coefficient of which varies according to the law of a curved parabola, there are no data for comparison; need an alternative method that will allow you to perform similar calculations. To date, such a method (analytical) has already been developed by the authors of the article. Its concept and comparison with the results of finite element analysis will be the subject of our next publication in the field of calculation of plates on a variable elastic base.

ЛИТЕРАТУРА

1. Симвулиди И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. Изд. 3-е, испр. и доп. Учебное пособие для вузов// М., «Высш. школа», 1973. 431 с.
2. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L. The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics// Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. 736 p.
3. Босаков С.В. К расчету прямоугольных плит на упругом основании// Вестник БНТУ, № 5, 2007, С. 5-10.
4. Цейтлин А.И. Прикладные методы решения краевых задач строительной механики// М.: Стройиздат, 1984. 334 с.
5. Босаков С.В. Метод Ритца в контактных задачах теории упругости// Брест, 2006. 108 с.
6. Leissa, A.W. Vibration of Plates// NASA Report No. SP, 1969, 160p.
7. Volterra E.C. Dynamics of vibrations// Charles E. Merrill Books, Incorporated, 1965. 622 p.
8. Wang, Jt. Free vibration of stepped circular plates on elastic foundations// J. of Sound and Vibration. 1992. V. 159. № 1. P. 175–181.
9. Доронин А.М., Соболева В.А. Собственные колебания круглой пластинки, лежащей на переменном упругом основании типа Винклера// Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, № 4 (1). 2014. С. 254–258.
10. Kurkchiev, R., Vaisilov, I. Vibration of circular plates on elastic foundation with in-plane loading// J. of Theor. and Appl. Mech. Sofia. 1994-95. V. XXV. № 1–2. P. 27–33.
11. Mofid, M., Noroozi, M. A plate on Vinkler foundation with variable coefficient// Transaction A: Civil Engineering. 2009. V. 16. № 3. P. 249–255.
12. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю. и др. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015. Учебное пособие; под ред. академика РААСН А.С. Городецкого. М., 2015. 376 с.
13. Вайнберг Д.В. Вайнберг Е.Д. Расчет пластин// К: Будівельник, 1970. 436 с.

REFERENCES

1. Simvulidi, I.A. Raschet inzhenernykh konstrukcij na uprugom osnovanii. Izd. 3-e, ispr. i dop. Uchebnoe posobie dlya vuzov. M.: Vy'ssh. shkola, 1973, 431p.
3. Bosakov, S.V. K raschetu pryamougol'nykh plit na uprugom osnovanii// Vestnik BNTU, 5, 2007, 5-10.
4. Czejtlin, A.I. Prikladnye metody resheniya kraevykh zadach stroitelnoj mekhaniki// M.: Strojizdat, 1984, 334p.
5. Bosakov, S.V. Metod Ritca v kontaknykh zadachakh teorii uprugosti// Brest, 2006, 108p.
9. Doronin, A.M., Soboleva, V.A. Sobstvennye kolebaniya krugloj plastinki, lezhashhej na peremennom uprugom osnovanii tipa Vinklera// Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo, 2014. 4 (1), 254–258.
12. Gorodeczkij, D.A., Barabash, M.S., Vodop'yanov, R.Yu. i dr. Programmny'j kompleks LIRA-SAPR 2015. Uchebnoe posobie, pod red. akademika RAASN A.S. Gorodeczkogo, 2015. 376.
13. Vajnberg, D.V., Vajnberg, E.D. Raschet plastin// K: Budi'vel'nik, 1970. 436.

GEOGRAPHY

Геопросторова організація DESTИНАЦІЙ Вінницької області України

Д. Цесців, І. Волошин

Львівський державний університет фізичної культури (кафедра туризму), 79000 м. Львів, вул. Костюшка, 11
Corresponding author. E-mail: dianakarpyn@gmail.com

Paper received 25.09.20; Accepted for publication 19.10.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-05>

Анотація. Геопросторова організація туристичних ресурсів регіону тісно пов'язана із його рекреаційно-туристичним потенціалом, а також конфігурацією сучасних туристичних потоків. Варто зауважити, що Вінницька область не належить до регіонів України, які мають виражену туристичну спеціалізацію, однак її потенціал щодо перспективного розвитку туристичної сфери достатньо високий. Це зумовлює необхідність розробки науково обґрунтованих підходів до оптимізації використання рекреаційно-туристичного потенціалу регіону. Тому, нами розроблено картосхему, на якій зображено основні туристичні DESTИНАЦІЇ регіону та здійснено спробу туристичного районування.

Ключові слова: туристичні субрегіони, карта, бальна оцінка, туристичне районування, аналіз.

Вступ. Як туристичну DESTИНАЦІЮ розуміємо територію, що є привабливою для туристів завдяки наявності унікальних або специфічних туристично-рекреаційних ресурсів та відповідної інфраструктури. Зокрема у Вінницькій області такими виступають пам'ятки історії, археології, мистецтва, архітектури та пам'ятки природи.

Короткий огляд публікацій по темі. Роль туристичних DESTИНАЦІЙ у розвитку туризму останнім часом привертає увагу багатьох дослідників, а саме Н. Лейпера, М. Портера, Ф. Котлера, Р. Батлера, І. Зоріна, С. Медліка, Д. Бухаліса, К. Гунна, Б. Річі та Дж. Крауча та вітчизняних авторів В. Азара, О. Виноградової, О. Любицевої, В. Цибуха, Л. Дядечко, Т. Ткаченко та ін., які зробили значний внесок у вивчення поняття «DESTИНАЦІЯ» та впровадження його в наукову практику.

Мета статті полягає в тому щоб проаналізувати геопросторову організацію туристичних ресурсів і на підставі цього розробити картосхему територіальних організацій туристичних DESTИНАЦІЙ та розрахувати оцінку туристичного потенціалу субрегіонів Вінницької області України.

Вінницька область займає третє місце серед областей в Україні за величиною туристично-ресурсного потенціалу; має привабливий ландшафт, курортно-лікувальні заклади, багату історію, розвинуте фольклорне та декоративно-прикладне мистецтво.

Туристична галузь перебуває під впливом зростаючої регіональної, національної та міжнародної конкуренції. Якщо регіон не буде планувати розвиток й інвестувати в туризм, активно розвиваючи та просуваючи свою унікальність для відвідувачів, його мешканці втратять ті переваги, які сьогодні пропонує туристична галузь, і цими перевагами скористаються інші регіони-конкуренти.

Важливою складовою рекреаційного потенціалу області є її суспільно-географічне положення.

Через середину області протікає ріка Південний Буг, а також нараховується 3600 водних об'єктів загальною площею 100 тис.га. Область багата мінеральними з вмістом родону джерелами (Хмільницька) та інші [1;3;4].

В області на високому рівні розвивається сільське господарство, що сприяє розвитку сільськогосподарського (зеленого) туризму, високоякісним та екологічно чистим харчуванням.

У Вінницькій області 320 територій та об'єктів природно-заповідного фонду: 45 заказників (18 - державного значення), 213 пам'яток природи (8 - державного значення), 33 заповідні урочища, 29 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва (11 - державного значення) [5].

Загальна кількість пам'яток історії, археології, містобудування і архітектури, монументального мистецтва становить 2204 одиниці; 511 пам'яток архітектури внесено до Державного реєстру національного культурного надбання [5].

Природний потенціал рекреації органічно доповнюється багатим арсеналом пам'яток історії, культури, архітектури. Історико-культурні туристичні ресурси – це пам'ятки історії і культури, що створені людиною, мають суспільно-виховне значення, становлять пізнавальний інтерес і можуть бути використані в туристичній діяльності. До історико-культурних туристичних ресурсів належать пам'ятки історії, архітектури, мистецтва, етнографічні пам'ятки і пам'ятки народної творчості [6].

Матеріали та методи. Із метою аналізу геопросторової організації туристичних DESTИНАЦІЙ Вінницької області нами розроблено картосхему (рис. 1), на якій зображено основні туристичні DESTИНАЦІЇ регіону та здійснено спробу туристичного районування.

Зокрема, за особливостями природного та історико-культурного потенціалу Вінницької області, які були нами проаналізовані, а також за спільними рисами функціонування та розміщення DESTИНАЦІЙ, виділено 5 туристичних субрегіонів – Центральний, Верхньобузький, Придністровський, Північно-східний, Нижньобузький.

На підставі аналізу компонентів туристичного потенціалу кожного з адміністративних районів Вінницької області здійснено його бальну оцінку (табл. 1), яка дала змогу виявити закономірності геопросторової організації розвитку туристичних DESTИНАЦІЙ регіону.

Найвищим є туристичний потенціал Центрального субрегіону, що пов'язано з його географічним положенням та віднесенням до його складу обласного центру. Найнижчий потенціалу розвитку туризму характерний для двох східних субрегіонів – Північно-східного і Нижньобузького.



Рис. 1. Територіальна організація туристичних дестинацій Вінницької області

Таблиця 1. Оцінка туристичного потенціалу субрегіонів Вінницької області

Туристичні субрегіони	Адміністративні райони	Оцінка компонентів туристичного потенціалу (бали від 1 до 5)				Сумарний бал
		Географічне положення	Природні туристичні ресурси	Історико-культурні туристичні ресурси	Інфраструктура	
Центральний	Вінницький	5	4	3	5	17
	Жмеринський	4	4	5	4	17
	Тиврівський	3	3	4	3	13
	Немирівський	4	5	3	4	16
	<i>У середньому по субрегіону</i>	4,0	4,0	3,8	4,0	15,8
Верхньобузький	Хмільницький	4	5	3	4	16
	Літинський	3	3	2	3	11
	Калинівський	3	2	3	4	12
	<i>У середньому по субрегіону</i>	3,3	3,3	2,7	3,7	13,0
Придністровський	Барський	4	3	4	3	14
	Мурованокуриловецький	3	3	4	3	13
	Шаргородський	3	2	5	3	13
	Могилів-Подільський	4	3	4	4	15
	Чернівецький	3	2	3	2	10
	Томашпільський	3	3	3	3	12
	Ямпільський	3	2	1	3	9
	Крижопільський	3	3	3	2	11
	Піщанський	2	2	2	2	8
<i>У середньому по субрегіону</i>	3,1	2,6	3,2	2,8	11,7	
Північно-східний	Козятинський	3	2	1	3	9
	Погребищенський	2	2	2	3	9
	Липовецький	3	2	2	3	10
	Оратівський	2	2	1	1	6
	Іллінський	3	2	3	3	11
	<i>У середньому по субрегіону</i>	2,6	2	1,8	2,6	9,0
Нижньобузький	Тулчинський	3	2	2	3	10
	Тростянецький	3	3	5	2	13
	Гайсинський	3	2	2	4	11
	Теплицький	3	2	1	2	8
	Бершадський	2	2	1	3	8
	Чечельницький	2	2	1	2	7
	<i>У середньому по субрегіону</i>	2,7	2,2	2,0	2,7	9,5

Розраховано автором

Результати та їх обговорення. Результати оцінки дають змогу лише виявити особливості сучасного стану розвитку туристичних дестинацій. Важливим напрямом подальших досліджень має бути аналіз тенденцій і прогнозування розвитку.

Зокрема, у цьому контексті заслуговують на увагу зроблені за результатами аналізу структури і потужності туристичних потоків у розрізі туристських зон, а також під час їх прогнозування, І. Левицькою [2] три сценарії розвитку туристичних дестинацій Вінницької області: сценарій інерційного розвитку, сценарій помірному розвитку і сценарій інноваційного розвитку, або песимістичний, середній і оптимістичний сценарії. Сценарій інерційного розвитку. Даний сценарій припускає зниження конкурентоспроможності як у цілому регіональної економіки, так і туристського комплексу. При цьому традиційними галузями спеціалізації регіональної економіки залишаються сільське господарство, сфера послуг та переробна промисловість. Основний туристський потік у рамках даного сценарію збільшиться несуттєво і, як і раніше, буде формуватися за рахунок уже відомих і активно використовуваних сьогодні об'єктів туристського показу: великий каньйон Дністра (с. Лядова), Немирівське скіфське городище, заповідник Буша, Браїлів, музей-садиба М.І. Пирогова, ставка Гітлера і частково за

рахунок розміщення туристів у санаторіях області (Хмільник та Немирів), а також за рахунок короткочасного відпочинку туристів на туристських базах в південних районах області.

Сценарій помірному розвитку. Даний сценарій припускає часткові структурні перетворення в економіці регіону, зокрема розвиток туризму як одного з основних напрямів економічної спеціалізації області. У рамках реалізації даного сценарію відбуватиметься збільшення загального туристського потоку в республіку.

Сценарій інноваційного розвитку. Даний сценарій припускає суттєве збільшення частки нового виду економічної діяльності, такої як туризм, у структурі економіки Вінницької області з поступовим перенесенням на неї основної економічної спеціалізації регіону. Здійснення даного сценарію призведе до реалізації низки крупних інвестиційних проектів, направлених на розвиток туристської інфраструктури[2].

Висновки. На наш погляд, саме сценарій інноваційного розвитку є оптимальним з огляду на результати аналізу передумов та сучасного стану функціонування дестинацій Вінницької області. Основною метою такого сценарію мало б бути створення інноваційних кластерів розвитку сільського, екологічного та лікувально-оздоровчого туризму в регіоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Українська радянська енциклопедія. К.: Головна редакція УРЕ. К.: – 1978 – 1985. – Т. 1 – 12.
2. Левицька І. В. Розвиток туристсько-рекреаційного потенціалу регіону як основа формування туристичного кластера / І.В. Левицька // Науковий вісник УжНУ Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. Випуск 9 – 2016. С. 92 – 96.
3. Волошин І. М. Туристичні ресурси України (атлас туристичних мандрівок Україною: довідкове видання Волошин І. М., Матвійчук Л. Ю., Ненько К. В.) – Л.: ЛДУФК, 2015. – 437 с. С.89-107.
4. Волошин І. М. Туристично-інтелектуальні ресурси Вінницької області та їхнє геопросторове розміщення / І. М. Волошин, Д. С. Карпін, К. В. Ненько // Вісник Львівського університету. Серія географічна, 2013. Випуск 42. С. 27-37.
5. Панкова Є.В. Туристичне краєзнавство. Навчальний посібник. - К.: Альтерпрес, 2003. - 352 с.
6. Кравців В. С. Науково-методичні засади реформування рекреаційної сфери / В.С. Кравців, Л. С. Гринів, М. В. Копач, С. П. Кузик // Наукове видання. - Львів: НАН України. - ІРД НАН України. - 1999. – С. 59.

REFERENCES

1. Vinnitsa // Ukrainian Soviet Encyclopedia. In 12 volumes / Ed. M. Preferred. - 2nd ed. - K.: Chief. ur edition, 1974-1985., Volume 2, K., 1978, p. 299-300.
2. Levitska IV Development of tourist and recreational potential of the region as a basis for the formation of a tourist cluster / IV Levitska. Levitska // Scientific Bulletin of Uzhhorod National University Series: International Economic Relations and World Economy. Issue 9 - 2016. P. 92 - 96.
3. Voloshin I.M. Travel Resources Ukraine (Ukraine atlas tourist trips: reference book Voloshin I.M., Matviichuk L. Yu., Nenko K.V.) - L.: LSUPC, 2015. - 437 p. S.89-107.
4. Voloshin I. M. Tourist intellectual resources of Vinnytsia region and their placement Geospatial / I. Voloshin, D.S. Karpyn, K.V. Nenko // Bulletin of Lviv University. Geographical Series 2013 Issue 42.S. 27-37.
5. Pankova E. V. Tourism studies. Tutorial. - K.: Alterpres, 2003. - 352 p.
6. Kravtsiv V.S. Scientific and methodological principles of reforming the recreational sphere / V. S. Kravtsiv., L.S. Hryniv, M. V. Kopach, S. P. Kuzyk // Scientific edition. - Lviv: National Academy of Sciences of Ukraine. - IRD NAS of Ukraine. - 1999. - P. 59.

Tourist zoning of destinations of Vinnytsia region

D. Tsestiv, I. Voloshyn

Abstract. The geospatial organization of the region's tourist resources is closely connected with its recreational and tourist potential, as well as the configuration of modern tourist flows. It should be noted that Vinnytsia region does not belong to the regions of Ukraine that have a pronounced tourist specialization, but its potential for long-term development of the tourism sector is quite high. This necessitates the development of scientifically sound approaches to optimizing the use of recreational and tourist potential of the region. Therefore, we have developed a map showing the main tourist destinations in the region and attempted tourist zoning.

Keywords: tourist subregions, map, point estimation, tourist zoning, analysis.

MEDICAL SCIENCE

Застосування СІМТ-терапії (constraint-induced movement therapy) для відновлення рухової функції верхньої кінцівки у осіб після перенесеного інсульту ускладненого неглектом

Ю. М. Дідо, О. А. Дуло*

ДВНЗ “Ужгородський національний університет” м. Ужгород, Україна

*Corresponding author. E-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua <https://orcid.org/0000-0003-0473-5605>

Paper received 12.12.20; Accepted for publication 22.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-06>

Анотація. Використання СІМТ – програми у фізичній терапії осіб після перенесеного ішемічного інсульту ускладненого неглектом призводить до позитивної динаміки показників сенсомоторного відновлення верхньої кінцівки, а саме моторного та проприоцептивного компонентів. Відзначається зменшення спастичності привідних м'язів плеча, м'язів-згиначів плеча і передпліччя, достовірні зміни рівня спастичності м'язів-згиначів кисті.

Ключові слова: фізична терапія, моторний компонент, проприоцептивний компонент, спастичність, інсульт.

Вступ. Статистичні дані МОЗ України свідчать, що найчастіше інсульт відзначається в осіб працездатного віку (приблизно 35,5%). Унаслідок мозкового інсульту 30–40% хворих помирають упродовж перших 30 днів і до 50% – впродовж одного року від початку захворювання, 20–40% пацієнтів, які вижили, стають залежними від сторонньої допомоги і лише 10% повертаються до повноцінного життя. [1, 3,]. Більшість пацієнтів, що перенесли інсульт і вижили, стають неповносправними (70-80%), а 20-25% з них до кінця життя потребують сторонньої допомоги у повсякденному житті [4, 6]. В Україні тільки 10–20% осіб, які перенесли інсульт, повертаються до праці, з них близько 8% зберігають свою професійну придатність, у 60% відзначають стійкі неврологічні порушення, у 25–30% розвивається деменція. Рухові розлади в гострому періоді захворювання розвиваються в 75% хворих, а через півроку стійкий руховий дефект зберігається в 53% пацієнтів, які перенесли інсульт [2, 5, 7].

Однією з найбільш важливих причин втрати працездатності після інсульту є порушення функції руки, яке зустрічається у 70% пацієнтів, які перенесли гостре порушення мозкового кровообігу (ГПМК) [2]. При цьому, як правило [5, 7], відновлення функції верхньої кінцівки відбувається в більш пізні терміни, нерідко залишаючись єдиною причиною непрацездатності хворого. Тільки у 20% хворих функція верхньої кінцівки відновлюється повністю [3, 4]. Порушення можливості виконувати рухи верхньою кінцівкою, а особливо кистю, значно підвищує, рівень функціональної залежності хворого та знижує якість життя оточення пацієнта, і його самого [5, 6].

Сьогодні однією з центральних ланок у основних напрямках боротьби з наслідками інсульту є реабілітація [1, 3, 4]. З метою покращення рухової функції верхньої кінцівки фахівці широко практикують використання різних засобів фізичної терапії та ерготерапії.

Мета роботи – покращення відновлення рухової функції верхньої кінцівки після перенесеного ГПМК за ішемічним типом ускладненого неглектом шляхом застосування СІМТ- терапії.

Матеріали і методи. У дослідження були включені 58 пацієнтів (29 жінок та 29 чоловіків) з діагнозом ГПМК у правій гемісфері головного мозку за ішемічним типом ускладненим неглектом. Середній вік пацієнтів становив $68,62 \pm 10,06$ років при значенні Ме (25%; 75%) на рівні 69,5(61,75;77) років. Пацієнти були поділені методом рандомізованої вибірки на основну групу (ОГ) – 29 осіб та контрольну групу (КГ) – 29 осіб. Критеріями виключення були: нестабільний медичний стан, наявність геміанопсії, оцінки вище 3 за шкалою Scale of Contraversive pushing, бал за шкалою NIHSS вище 14, рухові та функціональні порушення, які не дають змоги займатися інтенсивними заняттями, виражена афазія чи когнітивний дефіцит.

З метою відновлення рухової функції верхньої кінцівки у пацієнтів обох груп ми застосовували СІМТ-терапію «рухову терапію вимушеним обмеженням», Taub et al., 1999 [7], яка полягала в тому, що здорова рука фіксувалась за допомогою спеціального пристосування до тулуба або одягалася спеціальна рукавиця так, щоб хворий не міг використовувати здорову руку. Тим самим, створювались умови, при яких вся увага хворого фіксувалась на паретичній руці. В цьому випадку мозок отримує необхідну кількість імпульсів для позитивних змін в рухових функціях ураженої кінцівки. Проводилось обмеження здорової кінцівки впродовж 6 годин активності. Наші заняття складались з маніпуляції різними предметами в побутовому середовищі, такими об'єктами були предмети гігієни (чищення зубів, вмивання, розчісування, гоління, приймання душу), самостійне одягання та приймання їжі. Також з пацієнтами виконували різні побутові завдання (відкривати двері, відкривати кран для води, вивішувати білизну за допомогою прищепок, нарізати продукти харчування, писали, перекладали дитячі м'ячики з одного відерця в інше, наливали воду з чайника в кружку, поливали квіти, набирали комп'ютерний текст, грали в комп'ютерні ігри, доміно, шашки та шахмати, також кидали м'яч в баскетбольне кільце). СІМТ – терапія проводилася 5 днів на тиждень $14 \pm 4,2$ дні, а згодом у термін до трьох міся-

ців 3 рази на тиждень. Оцінку ефективності відновлення рухової функції верхньої кінцівки при застосуванні СІМТ- терапії проводилося за шкалою обстеження після інсульту Фугл-Маєр (Fugl-Meyer physical performance assesment), тестування спастичності м'язів за шкалою Ашфорта (Ashworth scale). Для математичної обробки числових даних використовували прикладні програмами Statistica 7.0. та IBM SPSS Statistics 21. Для оцінки значущості різниці, при наявності нормального розподілу результатів досліджень, використовували t-критерій Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення. Показники КГ та ОГ статистично не відрізнялися при першому обстеженні (табл. 1). Відповідно до результатів сенсомоторного відновлення за шкалою Fugl-

Meєр, на момент заключного обстеження показники $\bar{X} \pm S$ моторного компоненту проксимальної частини руки у КГ склали $22,81 \pm 5,42$ бала з можливих 36 балів; при Me (25%; 75%) на рівні 24 (18; 27) балів. У ОГ показник був дещо вищим - $27,72 \pm 5,00$ бала; показники Me (25%; 75%) становили 30 (25; 31,5) балів. Відмінність між групами пацієнтів при заключному обстеженні носила достовірний характер ($p < 0,01$).

Щодо приросту \bar{X} , то у ОГ він становив 16,41 бала, а у КГ – 12 балів. Середнє значення ОГ було більшим на 4,91 бала, що становить 21,5 % від заключного показника КГ.

Таблиця 1. Динаміка показників сенсомоторного відновлення за Fugl-Meєр у групах пацієнтів, n=58 (M±m)

Пункти			Основна група (n=29)		Контрольна група (n=29)	
			До реабілітації	Після реабілітації	До реабілітації	Після реабілітації
Моторний компонент	Проксимальна частина руки	Me(25%;75%)	12(10;12,5)	30(25;31,5)**	11(9,5;12,5)	24(18;27)
		$\bar{X} \pm S$	11,31±1,79	27,72±5,00	11,10±1,82	22,81±5,42
	Кисть та проме-нево-зап'ястко-вий суглоб	Me(25%;75%)	5(4;6)	21(15;24,5)**	5(4;6)	17(12;21)
		$\bar{X} \pm S$	5,07±1,22	20,00±4,69	5,07±1,10	16,53±4,20
	Загальний бал верхньої кінцівки	Me(25%;75%)	17(14;18)	49(45;54,5)	16(13,5;18,5)	41(33,5;47)
		$\bar{X} \pm S$	16,38±2,93	47,72±8,81**	16,17±2,87	39,34±8,36
Баланс	Me(25%;75%)	6(6;7)	12(9,5;12,0)**	6(5;7)	11(8;11)	
	$\bar{X} \pm S$	6,24±0,91	10,79±2,30	6,03±0,91	9,78±1,72	
Проприоцептивна чутливість	Плечовий суглоб	Me(25%;75%)	1(1;1)	2(2;2)*	1(0,5;1)	2(1;2)
		$\bar{X} \pm S$	0,93±0,37	1,83±0,38	0,86±0,58	1,52±0,51
	Ліктьовий суглоб	Me(25%;75%)	1(0,5;1)	2(1;2)	1(0,5;1)	2(1;2)
		$\bar{X} \pm S$	0,83±0,53	1,72±0,45	0,79±0,49	1,66±0,48
	Проме-нево-зап'ястковий суглоб	Me(25%;75%)	1(0;1)	2(1;2)	1(0;1)	2(1;2)
		$\bar{X} \pm S$	0,76±0,56	1,59±0,50	0,72±0,53	1,55±0,51
	Пальців кисті	Me(25%;75%)	1(0;1)	2(1;2)	1(0;1)	1(1;2)
		$\bar{X} \pm S$	0,83±0,60	1,59±0,50*	0,76±0,58	1,31±0,47
	Великий палець кисті	Me(25%;75%)	1(1;1)	2(1;2)	1(0;1)	1(1;2)
		$\bar{X} \pm S$	0,90±0,49	1,62±0,49*	0,86±0,64	1,34±0,48
	Загальна чутли-вість верхньої кінцівки	Me(25%;75%)	11(9;12)	16(15;18)	10(8,5;12)	13(11;16)
		$\bar{X} \pm S$	10,48±1,86	16,29±3,06**	10,03±1,97	13,36±3,10

Примітка. * – різниця показників в процесі відновлення статистично значуща порівняно з контрольною групою $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

На момент заключного обстеження середньостатистичні результати моторного компоненту кисті та променево-зап'ясткового суглобу у КГ були отримані на рівні $16,53 \pm 4,20$ бала з можливих 30; показники Me (25%; 75%) встановлені на рівні 17(12;21) балу. У пацієнтів ОГ показники $\bar{X} \pm S$ були дещо кращими і склали $20,00 \pm 4,69$ балів; значення Me (25%; 75%) були достовірно кращими ($p < 0,01$) і становили $21(15;24,5)$ бала. Приріст \bar{X} у ОГ був більшим – 14,93 бала, а у КГ – 11,47 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 3,47 бала, що становить 21 % від заключного показника КГ.

Загальний бал моторного компоненту верхньої кінцівки був достовірно вищим у ОГ ($p < 0,01$). Середнє значення ОГ зросло на 31,48 бала і склало $47,72 \pm 8,81$ бала, а у КГ збільшилося на 23,29 бала до $39,34 \pm 8,36$ бала. Середнє значення ОГ було більшим на 8,38 ба-

ла, що становить 21,3 % від заключного показника КГ.

Показник балансу за Fugl-Meєр був статистично кращим у ОГ при порівнянні заключних показників. Значення Me (25%; 75%) у ОГ склали 12 (9,5; 12,0) бали, а у КГ – 11 (8;11) бали ($p < 0,01$). Середні значення зросли у ОГ з $6,24 \pm 0,91$ бала до $10,79 \pm 2,30$ бала, а у КГ з $6,03 \pm 0,91$ бала до $9,78 \pm 1,72$ бала. Відповідно приріст у групах склав 4,55 та 3,74 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 1,01 бала, що становить 10,3 % від заключного показника КГ.

Відповідно до результатів сенсомоторного відновлення за шкалою Fugl-Meєр, на момент заключного обстеження показники $\bar{X} \pm S$ проприоцептивної чутливості плечового суглобу у КГ склали $1,52 \pm 0,51$ бала з можливих 2 балів; при Me (25%; 75%) на рівні 2(1;2) балів. У ОГ показник був дещо вищим - $1,83 \pm 0,38$

бала, а показники Me (25%; 75%) становили 2 (2; 2) балів. Різниця між результатами груп пацієнтів при заключному обстеженні мала достовірний характер ($p < 0,05$). Щодо приросту \bar{X} , то у ОГ він становив 0,90 бала, а у КГ – 0,66 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 0,31 бала, що становить 20,4 % від заключного показника КГ.

Аналіз результатів заключного обстеження проприоцептивної чутливості ліктьового суглобу встановив середньостатистичні результати у КГ на рівні $1,66 \pm 0,48$ бала з можливих 2; показники Me (25%; 75%) встановлені на рівні 2(1;2) балів. У пацієнтів ОГ значення $\bar{X} \pm S$ були дещо кращими і склали $1,72 \pm 0,45$ бала, а значення Me (25%; 75%) були аналогічними і статистично не відрізнялися ($p > 0,05$).

Приріст \bar{X} у ОГ становив 0,90 бала, а у КГ – 0,86 бала.

Відсутність достовірної різниці у заключних результатах отримано й при порівнянні проприоцептивної чутливості променево-зап'ясткового суглобу у ОГ та КГ ($p > 0,05$). Заклучні показники Me (25%; 75%) у групах склали 2 (1; 2) бала. Значення $\bar{X} \pm S$ у КГ зросли з $0,72 \pm 0,53$ бала до $1,55 \pm 0,51$ бала з максимально можливих 2 балів, а у пацієнтів ОГ з $0,76 \pm 0,56$ до $1,59 \pm 0,50$ бала. Приріст \bar{X} у ОГ становив 0,90 бала, а у КГ – 0,86 бала.

Проприоцептивна чутливість пальців кисті була статистично кращою у ОГ. Показники Me(25%;75%) у ОГ були меншими і склали 1(1;2) бала, а у ОГ значення Me(25%;75%) становили 2(1;1) бал ($p < 0,05$). Значення $\bar{X} \pm S$ у КГ зросли з $0,76 \pm 0,58$ бала до $1,31 \pm 0,47$ бала з максимально можливих 2 балів, а у пацієнтів ОГ з $0,83 \pm 0,60$ до $1,59 \pm 0,50$ бала. Приріст \bar{X} у ОГ становив 0,76 бала, а у КГ – 0,55 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 0,28 бала, що становить 21,4 % від заключного показника КГ.

На момент заключного обстеження середньостатистичні результати проприоцептивної чутливості великого пальця кисті у КГ були встановлені на рівні $1,34 \pm 0,48$ бала з можливих 2; показники Me (25%; 75%) встановлені на рівні 1(1;2) бала. У пацієнтів ОГ показники $\bar{X} \pm S$ були дещо кращими і склали $1,62 \pm 0,49$ бала; значення Me (25%; 75%) були достовірно кращими ($p < 0,05$) і становили 2 (1; 2) бала.

Приріст \bar{X} у ОГ був більшим – 0,72 бала, а у КГ – 0,48 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 0,28 бала, що становить 20,9 % від заключного показника КГ.

Відповідно до результатів сенсомоторного відновлення за шкалою Fugl-Meyer, на момент заключного обстеження показники $\bar{X} \pm S$ загальної чутливості у КГ склали $13,36 \pm 3,10$ бала з можливих 24 балів. У ОГ показник був дещо вищим – $16,29 \pm 3,06$ бала. Різниця між результатами груп пацієнтів при заключному обстеженні мала достовірний характер ($p < 0,01$). Щодо приросту \bar{X} , то у ОГ він становив 5,81 бала, а у КГ – 3,33 бала. Середнє значення ОГ було більшим на 2,93 бала, що становить 21,9 % від заключного показника

КГ.

Враховуючи, що показники шкали Fugl-Meyer мали різний максимальний бал, необхідно представити заключні показники відносно максимальних оцінок. Слід відзначити, що при аналізі отриманих показників звертає на себе увага, що максимальний відсоток у ОГ отримав показник проприоцептивної чутливості плечового суглобу (91,7 % від максимуму), а у КГ показник проприоцептивної чутливості ліктьового суглобу (82,8 % від максимуму).

З іншої сторони, мінімальний відсоток у ОГ та КГ отримав показник моторного компоненту кисті та променево-зап'ясткового суглобу (66,7 % та 55,1 % від максимуму відповідно).

Слід відзначити, що при аналізі отриманих відносних значень показників, найбільша різниця отримана у показнику проприоцептивної чутливості плечового суглобу (15,5 % від максимуму). Мінімальна різниця між групами встановлена у показнику проприоцептивна чутливість променево-зап'ясткового суглобу – 1,7 % від максимального. Досить мала відмінність отримана й за показником проприоцептивної чутливості ліктьового суглобу – 3,4 % від максимального.

При аналізі середньостатистичних показників спастичності привідних м'язів плеча за шкалою Ашворта у загальній вибірці пацієнтів склали $0,28 \pm 0,45$ бала при значенні Me (25%; 75%) на рівні 0 (0;1) балів. Кількість пацієнтів, котрі отримали 1 бал (легке підвищення тону у вигляді незначного спротиву наприкінці руху), склали 14 пацієнтів (24,1 %). Усі інші пацієнти отримали 0 балів. В процесі відновлення рухової функції верхньої кінцівки усі показники спастичності за шкалою Ашворта достовірно змінилися з моменту першого обстеження ($p < 0,01$). Підвищення середніх значень показника спастичності привідних м'язів плеча спостерігалось у обох групах пацієнтів: у КГ з $0,24 \pm 0,44$ бала до $1,24 \pm 0,58$ бала, а у ОГ з $0,31 \pm 0,47$ бала до $0,93 \pm 0,59$ бала. Між заключними Me(25%;75%) груп статистичної відмінності не спостерігалось ($p = 0,05$), табл. 2. Враховуючи, що оцінка спастичності згиначів плеча, передпліччя та кисті при першому обстеженні склали 0 балів у всіх пацієнтів, то отримані середні значення при другому обстеженні одночасно відповідають приросту цих показників.

Таблиця 2. Заклучні показники спастичності за шкалою Ашворта, n=58 (M±m)

Пункти		Групи	
		КГ(n=29)	ОГ(n=29)
Привідні м'язи плеча	Me(25%;75%)	1(1;2)	1(1;1)p=0,05
	$\bar{X} \pm S$	$1,24 \pm 0,58$	$0,93 \pm 0,59$
Згиначі плеча	Me(25%;75%)	1(1;2)	1(1;1)
	$\bar{X} \pm S$	$1,28 \pm 0,53$	$1,00 \pm 0,65$
Згиначі передпліччя	Me(25%;75%)	1(1;2)	1(1;1)*
	$\bar{X} \pm S$	$1,24 \pm 0,58$	$0,93 \pm 0,53$
Згиначі кисті	Me(25%;75%)	1(1;2)	1(1;1)**
	$\bar{X} \pm S$	$1,31 \pm 0,60$	$0,90 \pm 0,56$

Примітка. * – різниця між показником статистично значуща порівняно з контрольною групою $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Відсутність різниці у рівні спастичності отримано й при порівнянні результатів згиначів плеча: показни-

ки Me(25%;75%) у КГ склали 1(1;2) бала, а у ОГ Me(25%;75%) становили 1(1;1) бал ($p>0,05$). Середнє значення КГ було більшим на 0,28 бала, що становить 28 % від заключного показника ОГ. Наявність статистичної різниці у рівні спастичності згиначів передпліччя встановлено при порівнянні заключних результатів груп. Значення Me(25%;75%) у КГ були більшими і склали 1(1;2) бала, а у ОГ показники Me(25%;75%) становили 1(1;1) бал ($p<0,05$). Середнє значення КГ було більшим на 0,31 бала, що становить 33,3 % від заключного показника ОГ. Ще значимішою виявилася відмінність при порівнянні заключних результатів спастичності згиначів кисті. Показники Me(25%;75%) у КГ були більшими і склали 1(1;2) бала, а у ОГ значення Me(25%;75%) становили 1(1;1) бал ($p<0,01$). Середнє значення КГ було більшим на

0,41 бала, що становить 45,6 % від заключного показника ОГ.

Висновки. Таким чином, застосування СІМТ-терапії в реабілітації пацієнтів, які перенесли мозковий інсульт ускладнений неглектом, сприяє достовірному покращенню рухової функції верхньої кінцівки у осіб ОГ за рахунок відновлення моторного компонента (проксимальна частина руки, кисть та променево-зап'ястковий суглоб, загальний бал верхньої кінцівки), відновленню проприоцептивної чутливості (плечовий суглоб, пальці кисті, великий палець кисті та загальної чутливості верхньої кінцівки), а також призводить до зменшення спастичності м'язів на користь пацієнтів ОГ, особливо у показниках спастичності згиначів кисті ($p<0,01$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Дідо Ю.М., Дуло О.А. Сучасні підходи до відновлення рухових функцій у осіб з наслідками інсульту засобами фізичної терапії та ерготерапії (огляд літератури) // Science and Education a New Dimension, Natural and Technical science, VI (21), 2018. Issue 179. P. 39 – 42. doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-09
2. Дуло О.А., Дідо Ю.М. Визначення важкості неглекту як передумови побудови втручання фізичного терапевта // Спортивна медицина, фізична терапія та ерготерапія, 2019. Вип. II. С. 72-76. https://doi.org/10.32652/spmed.2019.2.72-76
3. Зозуля І.С., Головченко Ю.І., Зозуля А.І., Онопрієнко О.П., Волосовець А.О. Основні принципи діагностики, формування діагнозу, лікування та профілактики мозкового інсульту //Український медичний часопис, 2015. № 5 (109). IX/X. С.34-38.
4. Магась В. О., Романишин М.Я. Особливості обстеження фізичним реабілітологом пацієнта після інсульту //XV Міжнародна науково-практична конференція «Фізична культура, спорт та здоров'я», 2015. С. 215 – 217.
5. Suzanne J., Winston D., Byblow P., Alan Barber, Hayley MacDonald, Andrew McIntyre-Robinson, Cathy M. Primed Physical Therapy Enhances Recovery of Upper Limb Function in Chronic Stroke Patients //Brain Stimulation, 2015. 8(2):362. P. 12-17.
6. Veerbeek, J.M., van Wegen, R., vanPeppen, E., vanderWees, P.J., Hendriks, E., Rietberg, M., Kwakkel G. What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis //PLoS One, 2014. Feb 4. 9(2). P. 23-28.
7. Taub, E., Uswatte, G., Pidikiti, R. Constraint-Induced Movement Therapy: a new family of techniques with broad application to physical rehabilitation a clinical review //J. Rehabil. Res. Dev.,1999. Jul;36(3):237-51. PMID: 10659807

REFERENCES

1. Dido, Y. M., Dulo, O.A. Modern approaches to the motor function restoration of patients after the stroke by the physical therapy and ergotherapy (literature review) //Science and Education a New Dimension, Natural and Technical science, VI (21), 2018. Issue 179. P. 39 – 42. doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-09
2. Dulo, O.A., Dido, Y. M. Determination of the severity of the neglect as a prerequisite for designing a physical therapist intervention //Sports medicine, physical therapy and ergotherapy, 2019. Вип. II. P. 72-76. https://doi.org/10.32652/spmed.2019.2.72-76
3. Zozulya, I.S., Golovchenko, U. I., Zozulya, A.I., Onoprienko, O.P., Volosovets, A.O. Basic principles of diagnostics, formation of diagnosis, treatment and prevention of the brain stroke //Ukrainskyi medychnyi chasopys, 2015. № 5 (109). IX/X. P.34-38.
4. Magas, V.O., Romanyshyn, M.Y. Features of the physical rehabilitation specialist examination of the patient after stroke //XV Mizhnarodna nauково-praktichna konferentsia "Physical culture, sport ta zdorovia", 2015. P. 215 – 217.

The use of CIMT-therapy (constraint-induced movement therapy) to restore motor function of the upper extremity in persons after a stroke complicated by neglect

Y. M. Dido, O. A. Dulo

Abstract. The use of CIMT - program in physical therapy of persons after ischemic stroke complicated by neglect leads to a positive dynamics of sensorimotor recovery of the upper extremity, namely the motor and proprioceptive components. There is a decrease in spasticity of the afferent muscles of the shoulder, flexor muscles of the shoulder and forearm, significant changes in the level of spasticity of the flexor muscles of the hand.

Keywords: physical therapy, motor component, proprioceptive component, spasticity, stroke.

Динаміка відновлення функції серцево-судинної системи у дівчат низинних районів Закарпатської області з різним соматотипом і компонентним складом маси тіла

О. А. Дуло, С. М. Джупіна

ДВНЗ “Ужгородський національний університет” м. Ужгород, Україна
Corresponding author. E-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua <https://orcid.org/0000-0003-0473-5605>

Paper received 09.12.20; Accepted for publication 22.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-07>

Анотація. Робота присвячена встановленню особливостей відновлення функції серцево-судинної системи за показниками частоти серцевих скорочень і артеріального тиску після дозованої фізичної роботи у дівчат низинних районів Закарпатської області в залежності від соматотипу і компонентного складу маси тіла. Вони характеризуються тим, що при навантаженні інтенсивністю 1 Вт на 1 кг маси тіла у дівчат низинних районів екоморфного соматотипу спостерігається найбільший відсоток осіб із підвищеним діастолічним тиском, а навантаження на велоергометрі інтенсивністю 2 Вт на 1 кг маси тіла викликало зменшення кількості випадків підвищення діастолічного тиску.

Ключові слова: фізичне здоров'я, соматотип, діастолічний тиск, дівчата.

Вступ. Для оцінювання фізичного стану осіб, які не займаються спортом, пропонується брати до уваги показник аеробної продуктивності організму, зокрема відносну величину максимального споживання кисню ($VO_2 \text{ max. відн.}$), який служить кількісним виміром «динамічного здоров'я» [2, 3, 5].

Підтверджуючи таку думку, ряд учених вважають величину максимального споживання кисню ($VO_2 \text{ max}$) показником, від якого залежить життєдіяльність, захворюваність і тривалість життя, ототожнюючи цим самим поняття «фізичний стан» із фізичним здоров'ям.

Подібної точки зору дотримується Ю.М. Фурман [7] через те, що $VO_2 \text{ max}$ є інтегральним показником злагодженого функціонування усіх систем людського організму, насамперед серцево-судинної, дихальної та системи крові. Також відзначається, що у формуванні фізичного стану суттєву роль відіграють анаеробні процеси енергозабезпечення, беручи до уваги те, що існує сильний кореляційний зв'язок між аеробною й анаеробною продуктивністю організму. Тому автор вважає, що визначення цього поняття та його оцінювання необхідно здійснювати не лише за показником $VO_2 \text{ max. відн.}$, але й за показником анаеробної лактатної продуктивності [2, 3, 5, 6].

З огляду на те, що існують роботи, які вказують на обумовленість рівня аеробної продуктивності організму компонентним складом маси тіла, можна стверджувати про залежність фізичного стану від співвідношення жирової та м'язової тканини. Тому, визначення компонентного складу маси тіла становить значний інтерес для оцінювання фізичного стану [2, 3, 10, 11].

І. Astrand [8] стверджує, що збільшення жирової маси у жінок вище за норму сприяє розвитку багатьох захворювань і скороченню тривалості життя. При цьому відбуваються негативні зміни в організмі, а саме: недорозвинення й гіпофункція скелетної мускулатури, зниження м'язового метаболізму та регуляції діяльності серця й суглобів.

Вивчаючи аеробну продуктивність, Т.І. Michaud встановив, що у осіб жіночої статі з віком погіршується фізичний стан, який оцінюється за величиною

$VO_2 \text{ max}$. [9]. Автор пов'язує таке явище з віковим зниженням функціональних можливостей серцево-судинної системи (через зменшення максимального серцевого викиду крові, об'єму циркулюючої крові, зниження артеріовенозної різниці) та високою частотою серцевих скорочень у стані спокою.

В Україні існують території з екологічними особливостями, які визначають гормональний статус мешканців цих регіонів, соматометричні параметри, окремі компоненти соматотипу, компонентний склад тіла, функціональний стан [1, 4]. Одним з таких регіонів є Закарпаття. З огляду на це, незалежно від віку і статі людини для здійснення об'єктивного аналізу стану фізичного здоров'я необхідно чітко визначити, які значення й межі фізіологічних коливань функціональних показників серцево-судинної системи, залежно від компонентного складу тіла, притаманні здоровому населенню Закарпатської області.

Мета роботи – встановити особливості відновлення функції серцево-судинної системи за показниками частоти серцевих скорочень і артеріального тиску після дозованої фізичної роботи у дівчат низинних районів Закарпатської області в залежності від соматотипу і компонентного складу маси тіла.

Матеріал і методи. В дослідженнях брали участь дівчата віком 16-20 років, які проживають в низинних районах Закарпатської області. Кількість обстежених дівчат становила 118 осіб, що склало 53,6% від загальної кількості обстежених дівчат. Досліджувані виконували на велоергометрі "ВЭМ 02" два навантаження з інтервалом 5 хвилин. Частота педалювання при першому і другому навантаженнях становила 60 обертів за хвилину. Потужність роботи залежала від маси тіла: при першому навантаженні вона вираховувалась із розрахунку 1 Вт на 1 кг маси тіла, а при другому – 2 Вт на 1 кг маси тіла. Одразу після роботи і тричі по її завершенню (через 1, 2 і 3 хвилини) здійснювався контроль за частотою серцевих скорочень і артеріальним тиском за допомогою монітора серцевого ритму SIGMA SPORT PS4 та пульсотографу BEURER PM70. Соматотип визначали за методом Хіт-Картера. Компонентний склад маси тіла визначали застосовуючи імпедансний метод Body

Composition Monitor “Omron BF511”, за допомогою якого оцінювався відсотковий вміст жирової маси (підшкірний та вісцеральний жир) та відсотковий вміст скелетних м’язів. Статистичну обробку матеріалу здійснювали за допомогою програм Excel 7.0 та SPSS версії 10.0 із використанням t-критерію Стюдента.

Результати дослідження та їх обговорення. Інформативним показником функціональної готовності

Таблиця 1. Динаміка відновлення ЧСС після навантаження на велоергометрі у дівчат низинних районів Закарпатської обл., n=118 (M±m)

Збільшення ЧСС при навантаженні, уд·хв ⁻¹	Зменшення ЧСС (уд·хв ⁻¹) після припинення навантаження					
	через 10 с	через 20 с	через 30 с	через 60 с	через 120 с	через 180 с
130 – 140	7,1±0,48	15,4±0,58	19,7±1,00	32,2±1,04	34,3±1,08	36,7±1,43
180 – 190	8,6±0,51	18,3±1,03	23,9±0,92	37,4±1,34	48,6±0,98	53,7±1,38

У першу хвилину відновного періоду величина зменшення ЧСС майже не залежить від інтенсивності навантаження, однак, в подальшому простежується пряма залежність між інтенсивністю навантаження та ступенем зниження ЧСС. Так, у дівчат при ЧСС 130-140 уд·хв⁻¹ через 120 с вона зменшилась в середньому на 34,3±1,08 уд·хв⁻¹, а при частоті 180-190 уд·хв⁻¹ на 48,6±0,98 уд·хв⁻¹. Через 180 с відновного періоду при ЧСС 130-140 уд·хв⁻¹ її зниження становило в середньому 36,7±1,43 уд·хв⁻¹, а при частоті 180-190 уд·хв⁻¹ – 53,7±1,38 уд·хв⁻¹. Причому, зі 120 с до 180 с відновного періоду зниження ЧСС значно уповільнюється. Важливим аспектом проведеного нами дослідження виявився аналіз реакції артеріальних судин на дозовану фізичну роботу у дівчат низинних районів Закарпатської обл., табл. 2.

Таблиця 2. Відсоткове співвідношення типів змін діастолічного тиску при дозованих фізичних навантаженнях у дівчат низинних районів Закарпатської області, n=118

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного тиску, %			
	Нижче вихідного рівня	Дорівнює вихідному рівню	Феномен нескінченного тону	Вище вихідного рівня
Низинні райони (n=118)				
1 Вт·кг ⁻¹	44,4	45,4	-	10,2
2 Вт·кг ⁻¹	61,08	20,2	13,1	5,6

Відомо, що навантаження циклічного характеру викликають характерну реакцію артеріальних судин, яка в нормі проявляється підвищенням систолічного та незмінністю або зниженням діастолічного тиску. Підвищення систолічного тиску головним чином пов’язано зі збільшенням сили серцевих скорочень, а зниження діастолічного тиску – з розширенням артеріол у м’язах, які працюють. Підвищення діастолічного тиску розцінюється як негативна реакція судин на фізичне навантаження та свідчить про лабільну гіпертонію або гіпертонічну хворобу. У деяких осіб під час виконання циклічної роботи рівень діастолічного тиску може знизитися до нуля. Таке явище має назву «феномен нескінченного тону», що є фізіологічною ознакою. У ході дослідження нам вдалося встановити, що серед обстежених дівчат після завершення констатуючого експерименту реєструвалася кількість осіб, у яких дозована робота на велоергометрі викликала негативну реакцію судин. Кількість дівчат із підви-

організму до виконання фізичної роботи може служити швидкість відновлення частоти серцевих скорочень (ЧСС). При покращенні функціонального стану організму швидкість відновлення ЧСС після припинення фізичної роботи зростає. Було встановлено особливості відновлення ЧСС у дівчат низинних районів Закарпатської області, табл. 1.

щеним діастолічним тиском після виконання роботи потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла становила 10,2%, а після виконання роботи потужністю 2 Вт на 1 кг маси тіла кількість таких осіб становила 5,6%. «Феномен нескінченного тону» спостерігався у дівчат лише після виконання роботи потужністю 2 Вт на 1 кг маси тіла, кількість осіб становила 13,1%.

При аналізі динаміки змін діастолічного тиску при дозованих фізичних навантаженнях у дівчат низинних районів Закарпатської обл. залежно від соматотипу ми встановили, що найбільший відсоток осіб із підвищеним діастолічним тиском після виконання роботи потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла спостерігався у ектоморфів, що становило 5,7% осіб, табл. 3.

Таблиця 3. Відсоткове співвідношення типів змін діастолічного тиску при дозованих фізичних навантаженнях у дівчат низинних районів Закарпатської області залежно від соматотипу, n=118

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного тиску, %			
	Нижче вихідного рівня	Дорівнює вихідному рівню	Феномен нескінченного тону	Вище вихідного рівня
Ендоморфи				
1 Вт·кг ⁻¹	69,0	26,9	-	4,1
2 Вт·кг ⁻¹	72,0	20,4	4,8	2,8
Ендомезоморфи				
1 Вт·кг ⁻¹	73,1	29,6	-	2,7
2 Вт·кг ⁻¹	70,4	26,2	3,3	1,1
Мезоектоморфи				
1 Вт·кг ⁻¹	54,1	41,1	-	4,8
2 Вт·кг ⁻¹	58,7	31,5	6,2	3,6
Ектоморфи				
1 Вт·кг ⁻¹	49,3	45,0	-	5,7
2 Вт·кг ⁻¹	56,2	31,7	7,8	4,3
Збалансований соматотип				
1 Вт·кг ⁻¹	67,2	27,9	-	4,9
2 Вт·кг ⁻¹	69,9	20,5	6,0	3,6

При велоергометричному навантаженні інтенсивністю 1 Вт на 1 кг маси тіла у дівчат зменшується кількість осіб з діастолічним тиском, що дорівнює вихідному рівню, за рахунок збільшення числа тих, у кого спостерігається «феномен нескінченного тону». У дівчат всіх соматотипних груп після виконання роботи потужністю 2 Вт на 1 кг маси відзначається певний відсоток осіб з підвищеним діастолічним тиском. При

цьому, найбільша кількість осіб, у яких рівень діастолічного тиску вище вихідного рівня, спостерігається у ектоморфів, що становило 4,3% осіб.

Як свідчать дані табл. 4 функціональні можливості серцево-судинної системи за показником змін діастолічного тиску залежав від вмісту м'язового компоненту, а саме: у дівчат всіх соматотипних груп ми спостерігали наявність осіб, які мали рівень діастолічного тиску вище вихідного рівня.

Таблиця 4. Відсоткове співвідношення типів змін діастолічного тиску при дозованих фізичних навантаженнях у дівчат низинних районів Закарпатської області залежно від відносного м'язового компоненту маси тіла, n=118

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного тиску, %			
	Нижче вихідного рівня	Дорівнює вихідному рівню	Феномен нескінченного тону	Вище вихідного рівня
Нормальний вміст м'язів (24,3 – 30,3 %), n= 76				
1 Вт·кг ⁻¹	61,0	31,7	-	8,3
2 Вт·кг ⁻¹	64,7	20,6	11,0	3,7
Високий вміст м'язів (30,4 – 35,3 %), n= 42				
1 Вт·кг ⁻¹	57,9	31,4	-	10,7
2 Вт·кг ⁻¹	67,3	20,1	7,5	5,1

Найбільше таких осіб було серед дівчат з відносним високим вмістом даного компоненту (30,4 – 35,3 %) 10,7% осіб. У 5,1% осіб з високим відносним вмістом м'язового компоненту дозована робота на велоергометрі потужністю 2 Вт на 1 кг маси тіла викликала підвищення діастолічного тиску. «Феномен нескінченного тону» спостерігався у дівчат, які виконували роботу при велоергометричному навантаженні інтенсивністю 2 Вт на 1 кг маси тіла незалежно від вмісту м'язового компоненту.

Як свідчать наведені вище дані табл. 5 стан серцево-судинної системи за показником змін діастолічного тиску залежав від жирового компоненту: найбільший відсоток осіб, які мали рівень діастолічного тиску вище вихідного рівня, при дозованій роботі на велоергометрі потужністю 1 Вт на 1 кг маси тіла і 2 Вт на 1 кг маси тіла спостерігався у дівчат з високим відносним вмістом жиру (33,0 – 38,9 %), це було 16,2% та 8,5% осіб відповідно. «Феномен нескінченного тону» спостерігався у дівчат лише при велоергометрич-

ному навантаженні інтенсивністю 2 Вт на 1 кг маси тіла.

Таблиця 5. Відсоткове співвідношення типів змін діастолічного тиску при дозованих фізичних навантаженнях у дівчат низинних районів Закарпатської області залежно від відносного вмісту жирового компоненту маси тіла, n=118

Потужність навантаження	Тип змін діастолічного тиску, %			
	Нижче вихідного рівня	Дорівнює вихідному рівню	Феномен нескінченного тону	Вище вихідного рівня
Низький вміст жиру (< 21,0 %), n=8				
1 Вт·кг ⁻¹	56,3	34,3	-	9,4
2 Вт·кг ⁻¹	65,1	18,5	12,8	3,6
Нормальний вміст жиру (21,0 – 32,9 %), n= 65				
1 Вт·кг ⁻¹	58,7	32,5	-	8,8
2 Вт·кг ⁻¹	66,3	18,0	11,6	4,1
Високий вміст жиру (33,0 – 38,9 %), n= 45				
1 Вт·кг ⁻¹	36,7	47,1	-	16,2
2 Вт·кг ⁻¹	46,9	37,3	7,3	8,5

Висновки. Проведені дослідження засвідчили, що у обстежуваних дівчат динаміка відновлення частоти серцевих скорочень після роботи на велоергометрі, яка підвищила частоту серцевих скорочень до 130-140 уд·хв⁻¹ (в аеробному режимі енергозабезпечення), початок її суттєвого зниження зареєстровано через 30 с після її припинення. Після роботи, що викликала підвищення частоти серцевих скорочень до 180-190 уд·хв⁻¹ (у змішаному режимі енергозабезпечення) початок суттєвого зниження відмічається через 120 с.

Виявлено відмінності реакції артеріальних судин на дозовані фізичні навантаження залежно від соматотипу та компонентного складу тіла. Вони характеризуються тим, що при навантаженні інтенсивністю 1 Вт на 1 кг маси тіла у дівчат низинних районів ектоморфного соматотипу спостерігається найбільший відсоток осіб із підвищеним діастолічним тиском під час виконання фізичної роботи. Тобто, недостатність жирового компоненту та м'язового компоненту у соматотипі та компонентному складі тіла дівчат низинних районів викликала негативну реакцію судин, а саме підвищення діастолічного тиску вище вихідного рівня.

ЛІТЕРАТУРА

- Бондарчук Н.Я., Чернов В.Д. Ефективність застосування диференційованого підходу у процесі фізичного виховання студентів з різних біогеохімічних зон Закарпаття // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету, серія: „Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт”, 2009. 64. С. 433-436.
- Брезденюк О. Аеробні можливості студентів 17-21 року з різним вмістом жирової та м'язової тканини в організмі // Фізична активність, здоров'я і спорт, 2014. 1(15). С. 9-18.
- Дуло О.А. Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної продуктивності у дівчат низинних і гірських районів Закарпатської області залежно від компонентного складу тіла // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія, 2019. 2(86). С.51 – 58. <https://doi.org/10.25040/ecpb2019.02.051>
- Пірогова В.Г., Фабрі З.Й., Фера О.В. Роль багатоконпонентних факторів у поширенні захворювань щитоподібної залози в Закарпатті та розробка заходів їх раннього виявлення // Міжнародний ендокринологічний журнал, 2008. 3(15). С. 42-47.
- Сальникова С.В., Пуздымир Н., Туник Л. Физическое состояние, как интегральный показатель физического здоровья, и определяющие его факторы // Scientific Letters Of International Academic Society Of Michal Baludansky, 2015. 3(2). С. 22-24.
- Сокрута В.М., Казакова В.Н. Спортивна медицина: підручник для студентів і лікарів, 2013. 324 с.
- Фурман Ю.М., Мірошніченко В.М., Драчук С. П. Перспективні моделі фізкультурно-оздоровчих технологій у фізичному вихованні студентів вищих навчальних закладів : монографія, 2013.174 с.
- Astrand J. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age // Acta Physical. Scand, 1960. 49(169). P. 1-92.
- Michaud T.J. Comparative exercise responses of deep water and treadmill running // J. of Strength and Conditioning, 1995. 9(2). P. 104-109.

10. Bubaj, S. Body composition in high school population athletes and non-athletes //Facta universitatis. Series: Physical Education and Sport, 2013. 11(3). P. 197-208.
11. Stewart, A.D, Sutton, L. Body composition in sport, exercise and health, 2012. 232 p.

REFERENCES

1. Bondarchuk, N.Y., Chernov, V.D. Efficiency of the application of differentiated approach in the process of physical education of students from different biogeochemical zones of Transcarpathia //Visnyk Chernihivskoho derzavnogo pedahohichnogo universitetu, seria "Pedahohichni nauky. Physichne vyhovannya ta sport", 2009. 64. P. 433-436.
2. Brezdenuk, O. Aerobic possibilities of 17-21 year students with different amount of fat and muscle tissue in the body //Fizychna aktyvnist', zdorov'ia i sport, 2014. 1(15). P. 9-18.
3. Dulo, O.A. The Comparative Characteristics of Aerobic and Anaerobic Productivity of Girls in Lowland and Mountainous Transcarpathian Areas According to the Body Component composition // Experimental and Clinical Physiology and Biochemistry, 2019. 2(86). P. 51-58. <https://doi.org/10.25040/ecpb2019.02.051>
4. Pirohova, V.H, Fabri, Z.Y, Fera, O.V. The role of multicomponent factors in the spread of thyroid gland diseases in Transcarpathia and development of measures for their early detection //Mizhnarodnyy endokrynolohichnyy zhurnal, 2008. 3(15). C. 42-47.
5. Sal'nikova, S.V, Nikolaj, P., Larisa, T. Physical condition, as an integral indicator of physical health, and its determining factors //Scientific Letters Of International Academic Society Of Michal Baludansky, 2015. 3(2). P. 22 –24.
6. Sokruta, V.M., Kazakova, V.N. Sports medicine: a textbook for students and doctors, 2013. 324p.
7. Furman, Y.M., Miroshnychenko, V.M., Drachuk, S.P. Perspektivni modeli physculturno-ozdorovchyh tehnolohiyi u physichnomu vyhovanni studentiv vyschih navchalnyh zakladiv: monografia, 2013. 174 p.
8. Astrand, J. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age // Acta Physical. Scand, 1960. 49(169). P. 1-92.
9. Michaud, T.J. Comparative exercise responses of deep water and treadmill running // J. of Strength and Conditioning, 1995. 9(2). P. 104-109.
10. Bubaj, S. Body composition in high school population athletes and non-athletes //Facta universitatis. Series: Physical Education and Sport, 2013. 11(3). P. 197-208.
11. Stewart, A.D, Sutton, L. Body composition in sport, exercise and health, 2012. 232 p.

Recovery dynamics of the function of cardiovascular system of girls from the lowland areas of Transcarpathia with different somatotype and the body mass composition

O. A. Dulo, S. M. Dzhupina

Abstract. The work is devoted to the establishment of features of restoration of the function of the cardiovascular system by the parameters of heart rate and blood pressure after metered physical work of girls from lowland regions of Transcarpathia, depending on the somatotype and the component composition of the body weight. They are characterized by the fact that when the intensity of 1 W per 1 kg of body mass of girls from the lowland regions then ectomorphic somatotype showed us the highest percentage of persons with increased diastolic pressure, and the exercise on a bicycle ergometer with the intensity of 2 W per 1 kg of body weight caused decrease in the amounting of cases of increase in diastolic pressure.

Keywords: *physical health, somatotype, diastolic pressure, girls.*

Биомеханика зубочелюстной системы при эндодонто-эндооссальной имплантации

Д. Лазарева^{1,a}, Е. Семенов^{2,b}, О. Сенников^{2,c}, Н. Сурьянинов^{1,d*}, А. Райлян^{3,e}

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры, ул. Дидрихсона, 4, Одесса, Украина, 65029

²Институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии НАМН Украины, ул. Ришельевская, 11, Одесса, Украина, 65026

³Коммунальное некоммерческое предприятие «Стоматологическая поликлиника №4», ул. Прохоровская, 43, г. Одесса, Украина, 65005
Corresponding author: ^dsn@ogasa.org.ua

Paper received 12.11.20; Accepted for publication 22.11.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-08>

Аннотация. Представлены результаты численного моделирования системы «зуб – эндодонто-эндооссальный имплантат – кость» при применении стандартных имплантатов разборного вида, малого диаметра и инструментальных хирургических наборов к ним. Проведено исследование напряженно-деформированного состояния всех компонентов системы методом конечных элементов в программе ANSYS. Исследовался зубочелюстной сегмент с параметрами: длина корня зуба – 14,25мм; резекция корня – на 1/3; длина имплантата – 13,0мм; глубина погружения в губчатую кость – 2мм; диаметр имплантата (изменяемая величина) – 2,9; 3,0; 3,2 мм. Внешняя нагрузка принята равной 200 Н, и приложена под углом 125°. Построенная модель существенно отличается от приведенной в литературе. При ее построении использовался «восходящий» метод твердотельного моделирования. Геометрия фрагмента кости и зубов задана набором поперечных сечений в виде неоднородных рациональных B-сплайнов со сменными по высоте размерами и расположением центров. Определены напряжения и перемещения во всех элементах системы. Расчеты показали, что напряжения в зубе, кортикальной и губчатой кости практически не зависят от диаметра имплантата, но уменьшаются с увеличением его диаметра.

Ключевые слова: резекция корня зуба, эндодонто-эндооссальный имплантат, моделирование, напряжения, перемещения, ANSYS.

Введение. Повышение эффективности лечения хронических периодонтитов, травматических повреждений зубов, постоперативное ведение зубов после операции цистэктомии привело к определенному выделению оперативных вмешательств по общим термином «зубосохраняющие операции». Один из способов, применяемый в комплексном лечении перечисленной патологии, является использование эндодонто-эндооссальной имплантации. Цель применяемого метода основана на увеличении стабилизации зубов с укороченными корнями вследствие резекции верхушки корня, ампутации корня, удаления части корня при его переломе и т.п., путем применения данного вида имплантатов, позволяющих восполнить утраченную часть корня за счет внутрикостной части имплантата.

В последнее время интерес практикующих стоматологов к этому направлению в стоматологии существенно возрос, так как эндодонто-эндооссальная имплантация (ЭЭИ) является эффективным методом, дополняющим лечение хронических периапикальных воспалительных процессов и позволяющих укрепить зубы, обеспечивая их стабильность, надежное и длительное функционирование. Имплантаты оказываются высокоэффективными при остеоинтеграции и создают возможность для функционирования зубов, находящихся в ортопедических конструкциях.

Однако до недавнего времени спрогнозировать эффективность их использования в долгосрочной перспективе можно было только на основании длительных клинических наблюдений. Современные успехи биомеханики позволяют это сделать быстрее и надежнее за счет компьютерного моделирования и последующих расчетов исследуемого зубочелюстного сегмента.

Анализ последних исследований и публикаций. Впервые эндодонто-эндооссальную имплантацию применил M. S. Strock [1] в 1943 г. Дальнейшее развитие ЭЭИ получила благодаря J. Bruno, предложившего цельнолитый имплантат, состоящий из культевой и

эндооссальной частей. В последующие годы метод ЭЭИ широко использовался за рубежом для стабилизации зубов при заболеваниях пародонта. В странах постсоветского пространства метод начали применять с 1980 г., но широкого распространения он не получил [2], что, на наш взгляд, объясняется отсутствием возможности достоверного моделирования биомеханики происходящих процессов. В настоящее время метод обрел «второе дыхание», о чем свидетельствует рост соответствующих публикаций во всем мире. Этому также способствовали достижения эндодонтического лечения апикальных периодонтитов и новые методы оперативного вмешательства, что значительно сократило показания к удалению зубов и выдвинуло зубосохраняющие технологии в разряд наиболее приоритетных направлений в стоматологии [4-6].

По статистике наиболее частой операцией при хирургическом лечении хронического периодонтита является резекция верхушки и ампутация корня зуба [7-10]. А у зубов с резецированными или ампутированными корнями значительно снижаются биомеханические показатели, возникает подвижность зуба и нередко его последующая потеря [11-13].

Использование зубов с резецированной верхушкой корня под опоры зубных протезов разных конструкций еще более ухудшает напряженно-деформированное состояние системы «культя зуба - костная ткань», ведет к локальному разрушению системы, возникновению тяжелой клинической картины и неизлечимым осложнениям [14-16].

В связи с этим представляется весьма актуальным на новой основе исследовать возможности ЭЭИ, что позволит улучшить биомеханические показатели зубов с резецированными и ампутированными корнями, расширит показания к их использованию под опоры различных конструкций зубных протезов [17-19].

Целью нашего исследования явилось повышение эффективности метода ЭЭИ при проведении зубосохра-

няющих операций на основе математического моделирования в системе «зуб – ЭЭИ – кость» при применении стандартных имплантатов разборного вида, малого диаметра и инструментальных хирургических наборов к ним, позволяющего применить любые угловые типоразмеры абатментов, либо использовать индивидуально изготовленные.

Материалы и методы. Используются методы компьютерного моделирования зубочелюстной системы с эндодонто-эндооссальными имплантатами и исследование методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния всех ее компонентов в программе ANSYS [3].

Результаты исследования. Несмотря на пристальное внимание многих исследователей на протяжении значительного периода времени, многие вопросы о широком внедрении данного метода остаются открытыми. Так только за период с 1969 по 1986 годы в Международном реестре BDIZ были зарегистрированы следующие виды ЭЭИ-система Endofixa (код A0713), система Erlanger TDF (код A4201), система Saphilox, система ЭЭИ, Straumana (код A0712), система Tisadent/Tisa (код A3901), система Kantha (код A1910), система UTS (код 3711), система WSR (код A0711). Несмотря на такое количество предлагаемых систем основным их недостатком являлось то, что все они были разработаны на основе эмпирических данных, и, в основном, были оригинальными системами, в разработке которых в основу были положены два основных принципа: выбор наиболее биосовместимого материала для ЭЭИ и его дизайн.

На современном этапе изучения данного вопроса, на научной основе, следует выделить одно из наиболее приоритетных направлений, такого как изучения напряженно-деформированного состояния в системе «зуб – ЭЭИ – костная ткань», на данных результатов компьютерного моделирования и численного анализа биомеханических процессов, происходящих при ЭЭИ.

Значительный вклад в проведении такого рода исследований принадлежит, по оценкам литературных данных, таким коллективам авторов, как [20-28].

Однако основным недостатком этих научных исследований является то, что по этим результатам предлагается разработка и внедрение в практическую деятельность различных систем ЭЭИ, методов их установки и, самое главное, их производство, для каждой системы специфическое, и, в дальнейшем требующего адаптации для каждого врача-стоматолога для овладения для овладения ее теоретическими и практическими особенностями.

Но самое главное, все эти системы не имеют возможности при их использовании изменить угол наклона коронковой части без ее предварительного препарирования под реставрацию позволяющего достигнуть максимальный эстетический и функциональный результат при последующей протетической реабилитации пациентов.

В нашей работе исследовался зубочелюстной сегмент со следующими параметрами: длина корня зуба – 14,25мм; резекция корня – на 1/3 и 2/3 (здесь приведены результаты при резекции только на 1/3); длина имплантата – 13,0мм; глубина погружения в губчатую кость – 2мм; диаметр имплантата (изменяемая величина) – 2,9; 3,0; 3,2 мм.

Средства препроцессорного твердотельного моделирования программы ANSYS позволяют иметь дело непосредственно с геометрической моделью, не обращаясь к специфическим объектам (узлы и элементы) конечно-элементной модели. При твердотельном моделировании определяются геометрические границы модели, устанавливаются параметры управления размером и формой элементов, после чего программа автоматически создает узлы и элементы.

Построенная модель существенно отличается от приведенной в [19]. При построении фрагмента зубочелюстной системы в программе ANSYS нами использовался «восходящий» метод твердотельного моделирования. При этом создание модели начинается с объектов самого низкого порядка: ключевые точки, затем связанные с ними линии, поверхности и объемы [29, 30].

В процессе моделирования зубов и фрагмента кости допускались некоторые упрощения. Геометрия фрагмента кости и зубов задана набором поперечных сечений в виде неоднородных рациональных B-Сплайнов со сменными по высоте размерами и расположением центров. Изначально был создан каркас, состоящий из некоторого набора поперечных сечений, на основе которых, с помощью метода построения плоскостей известного как «обтягивание каркаса», созданы соответствующие указанных сечений поверхности. Впоследствии поверхности заполнялись объемом. Учитывая симметрию, построение выполняется для половины модели, затем полученный фрагмент симметрично отражается.

Построение сетки конечных элементов является одним из самых важных этапов конечно-элементного анализа. Точность расчетов с помощью МКЭ зависит от правильного выбора типов и размеров конечных элементов. В существующих программных комплексах, как правило, предусматриваются два основных метода: построение произвольной сетки и упорядоченной. Построение упорядоченной сетки в сложной трехмерной модели зубочелюстной системы, преимущественно состоящей из криволинейных поверхностей, не представляется возможным. Поэтому при разбивке на конечные элементы использованы автоматические программные средства для построения произвольной сетки.

Перед созданием конечно-элементной модели были выделены предполагаемые области концентрации напряжений, в которых сетка была сгущена. В зонах с мало изменяющимися относительными деформациями или напряжениями, а также в областях, которые не представляют особого интереса для исследователя сетку наоборот можно укрупнить. При этом форма и размеры соседних элементов вблизи концентратора напряжений не должны существенно отличаться, потому, что это влияет на точность полученных результатов. Проведен анализ конечно-элементной модели, в результате которого исключены слишком вытянутые элементы; элементы с примерно одинаковыми размерами сторон дают меньшую ошибку.

Построенная модель аппроксимирована объемным шестигранным 8-ми узловым конечным элементом SOLID185 который имеет три степени свободы в каждом узле – перемещения в направлениях осей X, Y, Z узловой системы координат. Элемент может принимать вырожденную форму, что особенно удобно при рассмотрении конструкций сложной конфигурации.

Конечно-элементная модель фрагмента кости с искусственным включением преимущественно состоит из элементов имеющих пирамидальную форму, включает в себя объемы анкерного винта, компактного и губчатого веществ. Анкерный винт диаметром 3 мм имеет конусовидную форму: длина винта – 13 мм. Толщина компактного вещества (кортикальная кость) принята равной 0,5 мм.

В результате аппроксимации сгенерировано 147109 элементов и 27421 узлов (рис. 1). Часть конечных элементов имеет размер 1 мм, еще часть – 0.6 мм, а размер остальных определяется свободным построением сетки.

Задача решалась в упругой постановке. Механические характеристики материалов приведены в табл. 1. Внешняя нагрузка принята равной 200 Н, и приложена под углом 125°.

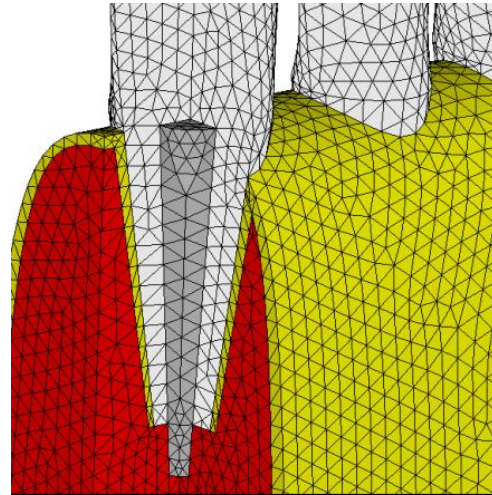
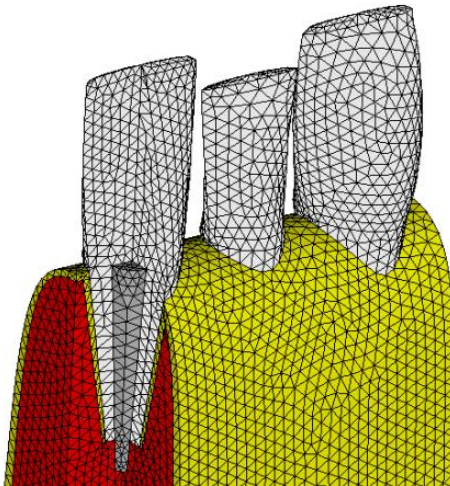


Рис. 1. Конечно-элементная модель фрагмента кости с искусственным включением

Таблица 1. Механические характеристики

Элемент сегмента модели	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона
Дентин	15000	0,32
Кортикальная кость	20000	0,3
Губчатая кость	5000	0,35
Имплантат	110000	0,3

деформаций, установить наиболее напряженные участки объекта изучения.

Некоторые полученные нами результаты при резекции корня на 1/3 приведены в табл. 2.

Таблица 2. Максимальные напряжения и перемещения

Диаметр имплантата, мм	Максимальные напряжения, МПа			Максимальные перемещения, мм	
	Кортик. кость	Губч. кость	Имплантат	Гориз.	Верт.
2,9	54,016	14,656	77,145	0,079	-0,022
3,0	54,312	14,715	70,373	0,079	-0,022
3,2	53,909	14,734	59,583	0,078	-0,021

Конечно-элементный анализ в программном комплексе ANSYS позволяет в результате расчетов получить целый ряд параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) системы: напряжения и деформации в направлениях координатных осей, главные напряжения и соответствующие деформации, эквивалентные напряжения и перемещения любой точки системы и целый ряд других величин. А процедура визуализации позволяет осмотреть поля напряжений и

Визуализация выполненных расчетов приведена на рис. 2-10.

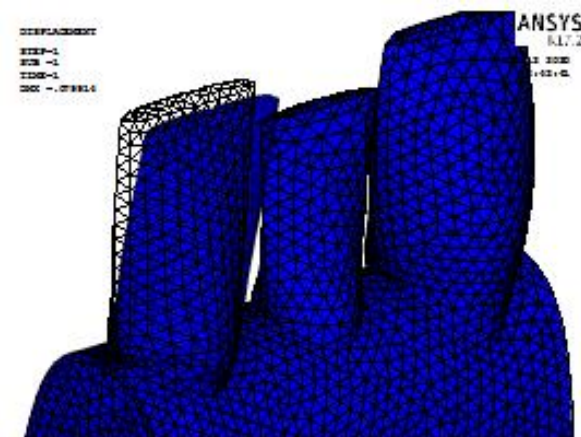


Рис. 2. Деформированная схема

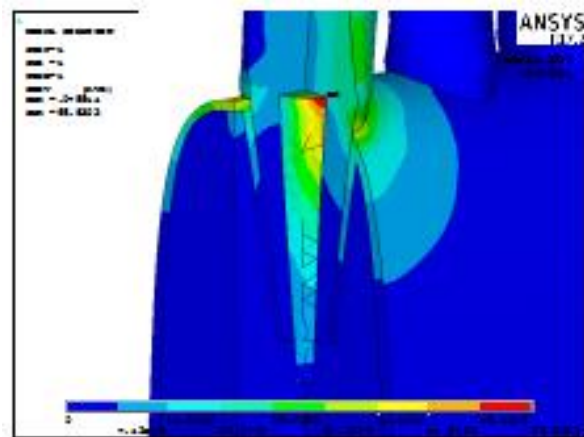


Рис. 3. Картина напряжений

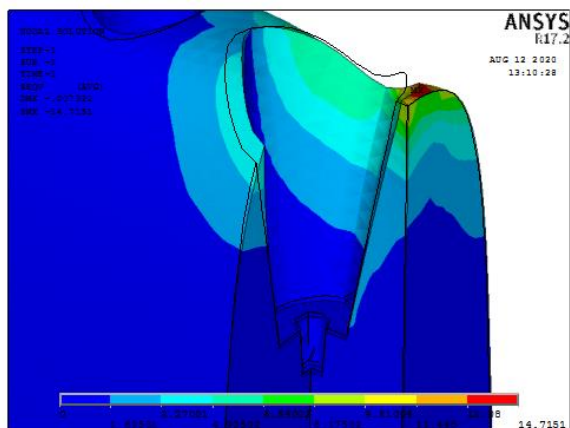


Рис. 4. Напряжения в губчатой кости

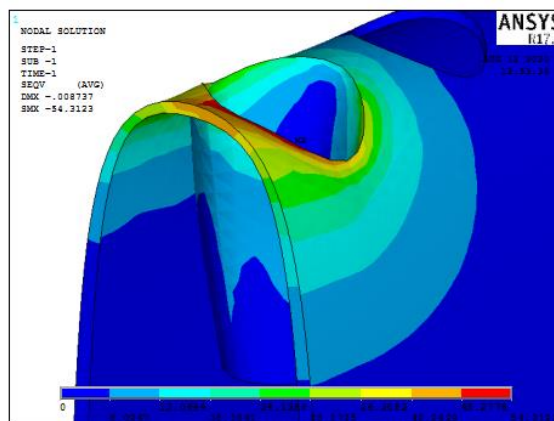


Рис. 5. Напряжения в кортикальном слое

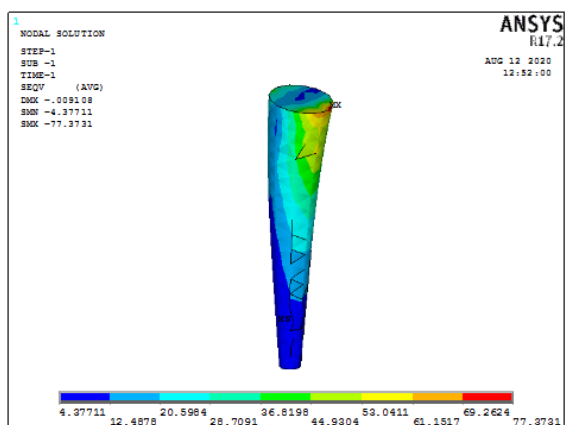


Рис. 6. Напряжения в имплантате

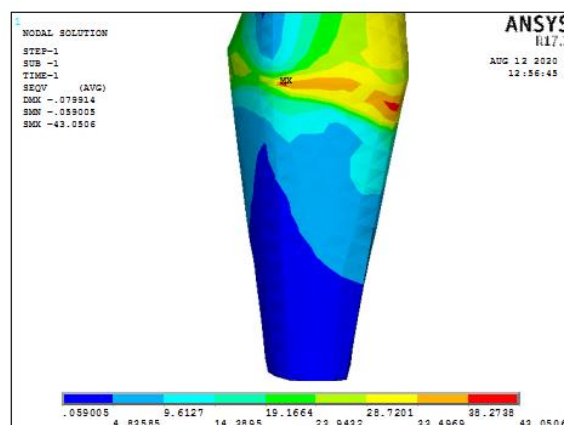


Рис. 7. Напряжения в зубе, d = 3,2 мм

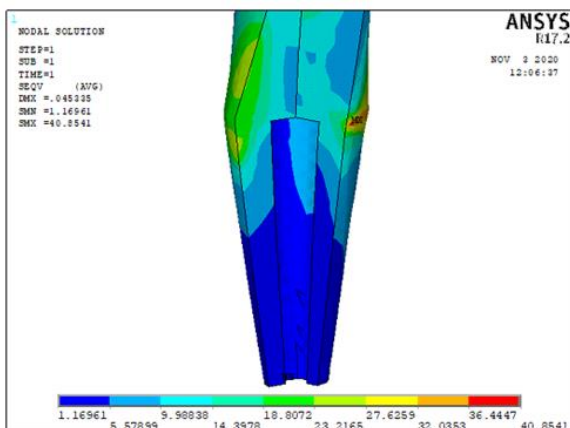


Рис. 8. Напряжения в зубе, d = 2,9 мм

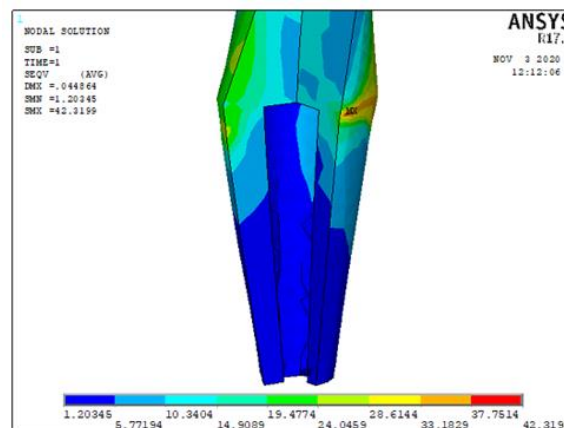


Рис. 9. Напряжения в зубе, d = 3,0 мм

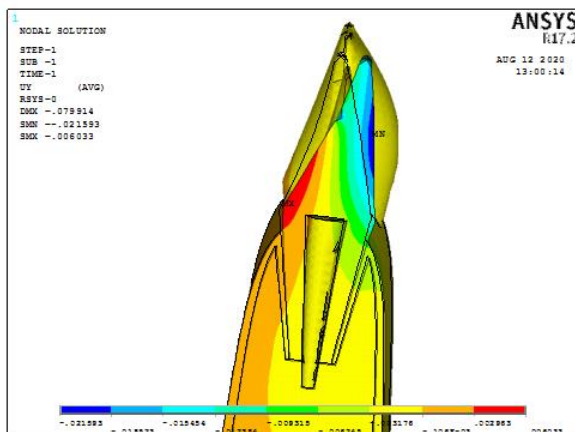
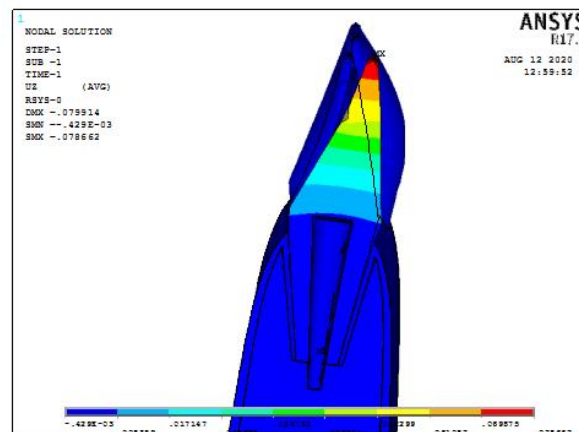


Рис. 10. Перемещения вдоль осей



Числовые значения максимальных напряжений в зубе при разных диаметрах имплантата приведены в табл. 3.

Таблица 3. Максимальные напряжения в зубе

Диаметр имплантата, мм	Максимальные напряжения, МПа
2,9	40,8641
3,0	42,3199
3,2	43,0506

Выводы. Таким образом, выполнено исследование напряженно-деформированного состояния всех компонентов системы «зуб – эндодонто-эндооссальный имплантат – кость» методом конечных элементов в про-

грамме ANSYS. Для этого построена уточненная модель с использованием «восходящего» метода твердотельного моделирования. Геометрия фрагмента кости и зубов задавалась набором поперечных сечений в виде неоднородных рациональных В-сплайнов со сменными по высоте размерами и расположением центров. Рассмотрены три варианта модели, где изменяемой величиной являлся диаметр имплантата. Расчеты показали, что напряжения в зубе, кортикальной и губчатой кости практически не зависят от диаметра имплантата, но уменьшаются с увеличением его диаметра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strock A.E., Strock M.S. Method of reinforcing pulpless anterior teeth // J. Oral Surg. – 1943. – Vol.1 – P.252–255.
2. Митрохин А.В. Эндодонто-эндоссальная имплантация // Клини. стоматол. – 1998. – № 2. – С.20–24.
3. Лазарева Д.В. Прийоми роботи з ПК ANSYS при розв'язанні задач механіки. Під редакцією М.Г. Сур'янінова: монографія / Д.В. Лазарева, М.М. Сорока, О.С. Шилев. – Одеса: ОДАБА, 2020. – 432 с.
4. Буланов В.И. Протезирование больных после резекции многокорневых зубов. // Стоматология. М., 1989. № 2. – С. 80–82.
5. Кодукова А., Величкова П., Дачев Б. Периодонтиты // Пер. с болгарского. М.: «Медицина», 1989. – 256 с.
6. Параскевич В.Л. Реакция костной ткани на препарирование ложа под цилиндрические имплантаты в стоматологии: Автореф. дисс. канд. мед. наук. Минск, 1991. – 23 с.
7. Бризено Б. Препарирование корневого канала // Клиническая стоматология. М., №4. 1998. С.4-10.
8. Грудянов А.И., Матвеева А.И. Гигиена полости рта при проведении имплантологических исследований. // Новое в техническом обеспечении в стоматологии: Материалы конференции стоматологов. Екатеринбург, 1992. – С. 16-19.
9. Заварзин С.В., Путинцева И.Н., Меленберг Т.В. Восстановление зубных рядов с помощью имплантатов различной конструкции. // Актуальные проблемы стоматологии: Всероссийская научная конф. студентов и молодых ученых. СПб.: Изд-во СПбГМУ, 1996. – С. 24-25.
10. Параскевич В.Л. Применение пористых дентальных имплантатов из титана (отдаленные результаты клинических наблюдений). // Новости стоматологии. 1996. №2-3. С. 54–58.
11. Базилян Э.А. Принципы прогнозирования и профилактики осложнений при дентальной имплантации (клинико-лабораторные исследования). Автореферат. М., 2001. 37с.
12. Олесова В.Н. Экспериментально-клиническое и биохимическое обоснование выбора имплантата в клинике ортопедической стоматологии: Дисс. канд. мед. наук. Новосибирск, 1986. – 158 с.
13. Berry C.W., Moore T.J., Safar J.A., Henry C.A., Wagner M.J. Antibacterial activity of dental implant metals. // Implant. – Dent. 1992. – V. I – 4. - P. 59-65.
14. Арутюнов С.Д., Григорьянц Л.А., Мовсесян Г.В., Мохов А.В. Новый эндодонто-эндооссальный имплантат в хирургической практике лечения больных хроническим периодонтитом. // Институт стоматологии. СПб., – 2003. – №1. – С. 48-51.
15. Albrechtsson J. In vivo performance of metallic dentals // Proceedings of Conf. on Corrosion between In-vitro and in vivo Performance of dental materials, Yrreiti Coltege, DuHm, Wand, 2(2)1989. P. 143-147.
16. Block M.S., Kent J.N. Prospective review of integral implants. // Deat.-Clin.- North.- Am. 1992. Jan. V. 36. 11. P. 27-37.
17. Линков Л.И. Без зубных протезов. Чудо зубных имплантатов. СПб., 1993. –288 с.
18. Соловьев М.М., Омелянович Ю.П., Демидова И.И. Моделирование системы имплантат кость челюсти. // Бюлл. Вост.-Сиб. науч. Центра Сибирского отделения РАН: Мат. конф. «Биомеханика в морфологии и медицине». - Иркутск, 1993. Вып. 3-4. – С. 34-40.
19. Джалалова М.В., Степанов А.Г. Влияние уровня резекции корня зуба на напряженно-деформированное состояние эндодонто-эндооссального имплантата в зубочелюстном сегменте / Российский журнал биомеханики, издательство Перм. нац. исслед. политехн. ун-т (Пермь), том 21, № 1, С. 51-63.
20. Арутюнов С. Д., Степанов А. Г., Тарнуева Н.Б., Зязиков М. Д. Способ тангентальной имплантации. Патент РФ на изобретение № 2512944 от 10.04.2014. Заявка: 2013111895/14 Бюл. №10.
21. Степанов А. Г., Зязиков М. Д. Экспериментальное определение физикомеханических параметров, повышающих внутрикорневую фиксацию индивидуальных трансдентальных имплантатов, изготовленных CAD/CAM фрезерованием // Стоматология. – 2015. – Т. 94, № 2. – С. 100–101.
22. Арутюнов С.Д., Джалалова М.В., Степанов А.Г., Зязиков М.Д. Влияние уровня резекции корня зуба на величины перемещений напряжений трансдентального имплантата в структуре костной ткани // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2015. – Т. 31, № 1. – С. 31–35.
23. Зязиков М.Д., Степанов А.Г., Джалалова М.В., Арутюнов С.Д. Влияние действующей под углом функциональной нагрузки на костную ткань челюсти и зуб, армированный трансдентальным имплантатом // Российский стоматологический журнал. – 2015. – Т. 19, № 6. – С. 7–9.
24. Арутюнов С.Д., Джалалова М.В., Унанян В.Е., Буктаева М.Л., Лебеденко И.Ю. Обоснование выбора эндодонто-эндооссального имплантата оптимальных параметров для ортопедического лечения больных с подвижными зубами. // Российский стоматологический журнал. – 2009. - №3. – С. 5-7.
25. Зубосохраняющие операции, имплантация и непосредственное протезирование в системе комплексной профилактики дефектов и деформаций зубных рядов / Абалмасов Н. Н., Шалимурина В. Р., Бычков В. А. Ковтун К. В., Рябцев А. В. «Актуальные проблемы стоматологии. Межвузовский сборник научных трудов. Рязань, 1998. – С. 215-218.
26. Робустова Т. Г., Митронин А. В. Эндодонто-эндоссальная имплантация // Клиническая стоматология. – М., 1998. - №2. – С. 20-24.
27. Галушкина О. А., Ломакин М. В., Митронин А. В., Базилян Э. А. Экспериментальное исследование новой конструкции трансдентального стабилизатора // Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии». М., 2003. С. 27-28.
28. Ломакин М. В., Иванов С.Ю., Базилян Э. А., Галушкина О. А., Митронин А. В. Эндодонто-эндоссальный имплантат. Патент РФ на изобретение ЛЬ 22228727. Опубликовано в БИ. – 2004. – Х14.
29. Семенов Е.И. Математическое моделирование биомеханического взаимодействия костной ткани челюстей и внутрикостных цилиндрических имплантатов с помощью созданной математической модели / Е.И. Семенов, Н.Г. Сурьяни-

нов // Вісник стоматології. – 2011. - № 3. – С. 66-69.
30. Семенов Е.И. Моделирование фронтального участка верхней челюсти с зубами и искусственными включениями (внут-

рикозный цилиндрический имплантат) в программе ANSYS / Е.И. Семенов, Н.Г. Сурьянинов // Вісник стоматології. – 2011. - № 1. – С. 74-79.

REFERENCES

- Mitrohin, A.V. Endodonto-endossalnaya implantatsiya// Klin. stomatol. 1998, 2, 20–24.
- Lazareva, D.V., Soroka, M.M., ShilyaEv, O.S. Priyomi roboti z PK ANSYS pri rozv'yazanni zadach mehaniki// Pid redaktsiEyu M.G. Sur'yanInova: monografiya, Odesa: ODABA, 2020. – 432 p.
- Bulanov, V.I. Protezirovaniye bolnykh posle rezektsii mnogokornevnykh zubov // Stomatologiya. M., 1989, 2, 80-82.
- Kodukova, A., Velichkova, P., Dachev, B. Periodontity // Per. s bolgarskogo. M.: «Meditsina», 1989. – 256 s.
- Paraskevich, B. JI. Reaktsiya kostnoy tkani na preparirovaniye lozha pod tsilindricheskie implantaty v stomatologii// Avtoref. diss. kand. med. nauk. Minsk, 1991, 23 p.
- Brizeno, B. Preparirovaniye kornevogo kanala // Klinicheskaya stomatologiya. 1998, M., 4, 4-10.
- Grudyanov, A.I., Matveeva, A.I. Gigiena polosti rta pri provedenii implantologicheskikh issledovaniy. // Novoe v tehnicheckom obespechenii v stomatologii: Materialy konferentsii stomatologov. Ekaterinburg, 1992, 16-19.
- Zavarzin, S.V., Putintseva, I.N., Melenberg, T.V. Vosstanovleniye zubnykh ryadov s pomoschyu implantatov razlichnoy konstruksii. // Aktualnyye problemy stomatologii: Vserossiyskaya nauchnaya konf. studentov i molodykh uchenykh. SPb.: Izd-vo SPbGMU, 1996, 24-25.
- Paraskevich, B. JI. Primeneniye poristykh dentalnykh implantatov iz titana (otdalennyye rezultaty klinicheskikh nablyudeniy). // Novosti stomatologii. 1996, 2-3, 54-58.
- Bazikyan, E.A. Printsipy prognozirovaniya i profilaktiki oslozhneniy pri dentalnoy implantatsii (kliniko-laboratornyye issledovaniya)// Avtoreferat. M., 2001, 37p.
- Olesova, V.N. Eksperimentalno-klinicheskoye i biohimicheskoye obosnovaniye vyibora implantata v klinike ortopedicheskoy stomatologii// Diss. kand. med. nauk. Novosibirsk, 1986, 158 p.
- Arutyunov, S.D., Grigoryants, L.A., Movsesyan, G.V., Mohov, A.V. Novyy endodonto-endoossalnyy implantat v hirurgicheskoy praktike lecheniya bolnykh hronicheskim periodontitom. // Institut stomatologii. SPb., 2003, 1, 48-51.
- Linkov, L.I. Bez zubnykh protezov. Chudo zubnykh implantatov. SPb., 1993, 288 p.
- Solovev, M.M., Omelyanovich, Yu.P., Demidova, I.I. Modelirovaniye sistemy implantat kost chelyusti. // Byull. Vost.-Sib. nauch. Tsentra Sibirskogo otdeleniya RAMN: Mat. konf. «Biomehanika v morfologii i meditsine». - Irkutsk, 1993, Vyip. 3-4, 34-40.
- Dzhalalova, M.V., Stepanov, A.G. Vliyaniye urovnya rezektsii kornya zuba na napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye endodonto-endoossalnogo implantata v zubocheyustnom segmente // Rossiyskiy zhurnal biomehaniki, izdatelstvo Perm. nats. issled. politehn. un-t (Perm), tom 21, 1, 51-63.
- Arutyunov, S. D., Stepanov, A. G., Tarnueva, N.B., Zyazikov, M. D. Sposob tansdentalnoy implantatsii //Patent RF na izobretenie # 2512944 ot 10.04.2014. Zayavka: 2013111895/14 Byul. #10.
- Stepanov, A. G., Zyazikov, M. D. Eksperimentalnoye opredeleniye fizikomehanicheskikh parametrov, povyshayuschikh vnutrikornevuyu fiksatsiyu individualnykh tsendentalnykh implantatov, izgotovlennykh CAD/CAM frezerovaniem // Stomatologiya, 2015, 94, 2, 100–101.
- Arutyunov, S.D., Dzhalalova, M.V., Stepanov, A.G., Zyazikov, M.D. Vliyaniye urovnya rezektsii kornya zuba na velichiny peremescheniy napryazheniy tsendentalnogo implantata v strukture kostnoy tkani // Rossiyskiy vestnik dentalnoy implantologii, 2015. – T. 31, 1, 31–35.
- Zyazikov, M.D., Stepanov, A.G., Dzhalalova, M.V., Arutyunov S.D. Vliyaniye deystvuyushey pod uglom funktsionalnoy nagruzki na kostnuyu tkan chelyusti i zub, armirovannyiy tsendentalnyim implantatom // Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. – 2015. – T. 19, 6, 7–9.
- Arutyunov, S.D., Dzhalalova, M.V., Unanyan, V.E., Buktaeva, M.L., Lebedenko, I.Yu. Obosnovaniye vyibora endodonto-endoossalnogo implantata optimalnykh parametrov dlya ortopedicheskogo lecheniya bolnykh s podvizhnyimi zubami. // Rossiyskiy stomatologicheskii zhurnal. – 2009, 3, 5-7.
- Abalmasov, N. N., Shalimurina, V. R., Byichkov, V. A. Kovtun, K. V., Ryabtsev, A. V. Zubosohranyayuschie operatsii, implantatsiya i neposredstvennoye protezirovaniye v sisteme kompleksnoy profilaktiki defektov i deformatsiy zubnykh ryadov / «Aktualnyye problemy stmoatologii. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. Ryazan, 1998, 215-218.
- Robustova, T. G., Mitronin, A. V. Endodonto-endossalnaya implantatsiya // Klinicheskaya stomatologiya. – M., 1998, 2, 20-24.
- Galushkina, O. A., Lomakin, M. V., Mitronin, A. V., Bazikyan, E. A. Eksperimentalnoye issledovaniye novoy konstruksii tsendentalnogo stabilizatora // Sbornik tezisov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktualnyye voprosy stomatologii». M., 2003, 27-28.
- Lomakin, M. V., Ivanov, S.Yu., Bazikyan, E. A., Galushkina, O. A., Mitronin, A. V. Endodonto-endossalnyy implantat. Patent RF na izobretenie Lb 22228727. Opublikovano v BI. – 2004. – H14.
- Semenov, E.I., Surianinov, M.G. Matematicheskoye modelirovaniye biomehanicheskogo vzaimodeystviya kostnoy tkani chelyustey i vnutrikostnykh tsilindricheskikh implantatov s pomoschyu sozdannoy matematicheskoy modeli / E.I. Semenov// VIsnik stomatologiyi. – 2011, 3, 66-69.
- Semenov, E.I. Surianinov, M.G., Modelirovaniye frontalnogo uchastka verhney chelyusti s zubami i iskusstvennyimi vkluycheniem (vnutrikostnyiy tsilindricheskii implantat) v programme ANSYS / E.I. Semenov// VIsnik stomatologiyi. – 2011, 1, 74-79.

Biomechanics of the dentition in endodonto-endosseous implantation

D. Lazarieva, E. Semenov, O. Sennikov, M. Surianinov, A. Railian

Abstract. The results of numerical modeling of the "tooth - endodonto-endosseous implant - bone" system using standard collapsible implants, small diameter, and surgical instrumental kits are presented. The study of the stress-strain state of all components of the system by the finite element method in the ANSYS program has been carried out. The dentoalveolar segment was investigated with the following parameters: length of the tooth root - 14.25 mm; root resection - by 1/3; implant length - 13.0 mm; the depth of immersion in the spongy bone - 2mm; implant diameter (variable value) - 2.9; 3.0; 3.2 mm. The external load was taken equal to 200 N, and applied at an angle of 125°. The constructed model differs significantly from that given in the literature. In its construction, the "bottom-up" method of solid modeling was used. The geometry of a bone fragment and teeth is given by a set of cross-sections in the form of inhomogeneous rational B-splines with variable height dimensions and location of centers. Stresses and displacements in all elements of the system are determined. Calculations have shown that stresses in the tooth, cortical and cancellous bone are practically independent of the implant diameter, but decrease with an increase in its diameter.

Keywords: tooth root resection, endodonto-endosseous implant, modeling, stress, displacement, ANSYS.

The influence of salt-sensitivity on the blood pressure daily profile in patients with arterial hypertension

S. A. Yermolenko, V. F. Orlovskiy, I. O. Moiseyenko, O. V. Orlovskiy

Sumy State University, Medical Institute, Sumy, Ukraine
Corresponding author. E-mail: sa.ermolenko@med.sumdu.edu.ua

Paper received 23.06.20; Accepted for publication 16.07.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-09>

Abstract. Arterial hypertension is one of the main causes of cardiovascular mortality in the world and affects almost 25% of the adult population. The aim was to determine the blood pressure daily profile depending on the type of salt-sensitivity in patients with stage II arterial hypertension. Materials and methods. 120 individuals aged 30-75 years with stage II arterial hypertension and 50 practically healthy individuals (control group) were enrolled to the study. Weinberger M. N. method was used to determine the type of salt-sensitivity. The essence of this method is to stick to a high-salt diet during 5 days with the salt consumption of 15 g per day (250 mmol sodium), with a further restriction on salt intake to 2 g per day (up to 50 mmol sodium) for 5 days (low-salt diet). The systolic blood pressure decrease by more than 10 mm Hg after switching from a high-salt to low-salt diets. Level of the blood pressure was the diagnostic criterion for salt-sensitivity. Patients were classified as salt-resistant included patients whose systolic blood pressure did not decrease by more than 10 mm Hg during the study and individuals with a paradoxical reaction to the change in salt load and an increase in systolic blood pressure during the switching to a low-salt diet. Daily blood pressure monitoring was performed according to the standard protocol. Results. 42.5% of salt-sensitive and 47.5% of salt-resistant patients were identified. The blood pressure daily profile distribution showed that 76.5% of «non-dippers» and 15.6% of «night-peakers» were among salt-sensitive, and 73.7% of «dippers» and 19.3% of «non-dippers» – among salt-resistant patients. Salt-sensitive patients have nighttime blood pressure dipping more than 2 times less than control ($p < 0.001$). This matches to the type of «non-dippers» daily profile. This is prognostically unfavorable. Salt-sensitive patients have the 24-hour mean variability systolic and diastolic blood pressure values are significantly higher than in the other groups. The morning increase in blood pressure analysis revealed that values in both groups remained unchanged and corresponded to control group. Salt-sensitive patients had increased 24-hour mean rate of morning increase in systolic blood pressure, systolic blood pressure time index, and blood pressure variability values in comparison with salt-resistant patients. Conclusions. Salt-sensitive patients are characterized by a predominance of the «non-dippers» and «night-peakers», enlarged rate of morning increase in blood pressure, increased blood pressure variability, and the lowest degree of nighttime blood pressure dipping, which is prognostically unfavorable for the arterial hypertension course. Salt-resistant patients have a favorable blood pressure daily profile - «dippers» and the reference values of daily profile parameters.

Keywords: arterial hypertension, salt-sensitivity, blood pressure daily profile.

Introduction. Arterial hypertension (AH) is one of the main causes of cardiovascular mortality in the world and affects almost 25% of the adult population. It is predicted an increase of AH prevalence to 1.5 billion people in 2025, and 13.5% of the total premature mortality. There will be 54% of events caused by stroke and 47% – by ischemic heart disease. [1-3].

The first clinical works about the harmful effects of salt on human body appeared in the early twentieth century (L. Ambard, E. Beaujard (1904), W. Kempner (1948)), which made it possible to consider salt abuse as one of the AH major risk factors [4-6]. Epidemiological studies have shown that high salt intake is associated with an increased risk of cardiovascular events and reduced sodium intake along with increased potassium intake can significantly reduce blood pressure (BP). Namely, the results of multicenter studies (INTERSALT, DASH, NUTRICODE) showed that salt intake limited to 6 g per day is accompanied by a drop of 6 - 10 mmHg in SBP. Also, it reduces cardiovascular mortality by 16% and stroke risk by 23% [7-9]. Referring to a thorough evidence base, the World Health Organization (WHO) points to the pronounced association between salt consumption and AH and appeals to reduce NaCl consumption in order to decrease CVD and stroke mortality [10,11].

It has been established that renal dysfunction (namely impaired sodium excretion) plays a role in the salt-sensitive AH genesis [12, 13]. The glomerular filtration decrease is accompanied by the "nocturnal BP / diurnal BP" ratio increase and the prevalence of "non - dipper" type correlates with creatinine clearance. This suggests that an adverse prognosis for salt-sensitive AH also depends on the BP daily profile characteristics [14,15].

The purpose of this study was to determine the BP daily profile depending on the salt-sensitivity type in patients with stage II AH.

Materials and methods. 120 individuals aged 30-75 years with stage II AH were involved in the study (38.3% of males and 61.7% of females). The control group included 50 practically healthy individuals (29 females and 21 males; mean age 42.2 ± 4.5).

Verification of the diagnosis AH were estimated according to the criteria of the Ministry of Health of Ukraine unified clinical protocol № 564 (dated 13.06.2016) [16]. All patients gave a voluntary informed written consent.

Exclusion criteria were the presence of symptomatic AH, myocardial infarction or unstable angina, effort angina II-IV functional classes, diabetes mellitus, acute infectious diseases, exacerbation of chronic infectious diseases, neoplasms, mental disorders and nervous system diseases, systemic connective tissue diseases, acute disorders of cerebral circulation and the refusal to participate in the study.

The type of salt-sensitivity was determined using Weinberger M. N. (1986) technique. The essence of this method is to stick to a high-salt diet during 5 days with the salt consumption of 15 g per day (250 mmol sodium), with a further restriction on salt intake to 2 g per day (up to 50 mmol sodium) for 5 days (low-salt diet). Sticking to a diet was estimated by daily urinary sodium excretion during high-salt ($\text{Na} \geq 230$ mmol/day) and low-salt ($\text{Na} \leq 20$ mmol/day) diets using ion-selective urine potentiometry. Office blood pressure measurement was carried out in the morning on the last day of diet. The SBP decrease by more than 10 mmHg after switching from a high-salt to low-salt diets using the office blood pressure measurement was the diagnostic criterion for salt-sensitivity. Patients were classified as salt-resistant in-

cluded patients whose SBP did not decrease by more than 10 mm Hg during the study and individuals with a paradoxical reaction to the change in salt load and a increase in SBP during the switching to a low-salt diet [17].

Daily monitoring of BP (DMBP) was performed using the TM ABRM 04 (MeditechLtd., Hungary), according to the standard protocol [18]. The Medibase 1.42 program was used for DMBP data analysis. The following parameters were analyzed: diurnal, nocturnal and 24-hour mean values of SBP (SBP₂₄, SBP_d, SBP_n) and diastolic BP (DBP) (DBP₂₄, DBP_d, DBP_n); parameters of "pressure load" - time indices (TI AH), the degree of nighttime BP dipping (DND_{SBP} and DND_{DBP}, respectively), as well as the diurnal and nocturnal BP variability (VAR) (SBP: VAR SBP_d, VAR SBP_n; DBP: VAR DBP_d, VAR DBP_n). It was used the 24-hour mean SBP and DBP threshold level $\geq 130/80$ mmHg for AH diagnosing. The TI AH SBP $\geq 20\%$ and TI AH DBP $\geq 10\%$ values were considered as transient increase in BP, the diurnal and nocturnal TI AH $\geq 50\%$ – as steady increase in BP. The AH circadian rhythm was evaluated by the degree of nighttime SBP and DBP dipping, which allows to estimate the BP 24-hour rhythm amplitude. The following types of BP 24-hour rhythms were distinguished using the DND BP: patients with a SBP_n decreased by 10–20 % were classified as “dippers”, by 10 % – “non-dippers”, by more than 20% – “over-dippers”. In the presence of nocturnal hypertension (BP > 125/75 mmHg), patients were enrolled in «night-peakers» [18].

For statistical results were performed using the methods of biostatistics implemented in the package of SPSS version 21(SPPS for Windows, version 21, SPPS Inc., Chicago, IL). We used statistical methods for nonparametric indicators due to abnormal distribution. The values of the studied indicators are given in the form of the median with interquartile range. The probability of differences for comparison of quantitative values was determined using the Mann - Whitney method (p). Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results. According to the type of salt-sensitivity, patients were divided into 2 groups: salt-sensitive (n = 51; 42.5%; 12 males and 39 females) and salt-resistant (n = 57; 47.5%; 32 males and 25 females). 12 patients had a paradoxical reaction to the salt load, which didn't allow them to enter any of the groups.

Salt-sensitive and salt-resistant patients were found to have the higher 24-hour mean SBP and DBP values than the control group ($p < 0.001$), but do not differ from each other ($p = 0,13$) (Table 1).

The daily increase in blood pressure (DI BP) was evaluated by the degree of BP dipping. It was found the "dippers" – 4 cases (7.8%), "non-dippers" – 39 (76.5%), "over-dippers" – 0 (0%) and "night-peakers" – 8 (15.7%) among salt-sensitive patients. Also, there were 44 «dippers» (77.2%), 11 «non-dippers» (19.3%), 2 «over-dippers» (3.5%) and 0 «night-peakers» (0%) among salt-resistant patients. Either, salt-resistant patients have higher DND BP than control group. This corresponds to a prognostically favorable «dippers» type. Salt-sensitive patients have DND BP more than 2 times less than control ($p < 0.001$). This matches to the type of «non-dippers» daily profile. This is prognostically unfavorable; its causes are not fully understood. According to the M. Fukuda et al. [19] hypothesis, pressure natriuresis, which provides sodium excretion in the BP salt-sensitivity, has a certain daily rhythm. Thus, in the daytime, the efficiency of this mechanism decreases, which causes sodium retention and extracellular fluid accumulation. In the nighttime, the efficiency of pressure natriuresis increases, and the sodium balance becomes negative, returning to normal in the morning. Therefore, M. Fukuda and co-authors consider "non-dippers" as a homeostatic phenomenon of maintaining a zero sodium balance under conditions of impaired natriuresis. Indeed, «non-dippers» appears in the salt-sensitive AH patients with high salt intake and disappear in the case of low-salt diet [19]. Also, it can be corrected by diuretics [20].

Table 1. 24-hour mean parameters of BP monitoring in AH patients with different types of BP salt-reactivity

Parameter	Control (n=50)	AH patients (n=108)	
		Salt-sensitive (n=51)	Salt-resistant (n=57)
SBP, mmHg	120,7 (118,9-124,9)	157,6 (153,3-162,9) $p1 < 0,001$	154,2 (148,5-157,8) $p1 < 0,001$; $p2 = 0,13$
DBP, mmHg	70,4 (68,4-76,4)	98,7 (94,5-101,6) $p1 < 0,001$	98,2 (90,6-101,4) $p1 < 0,001$; $p2 = 0,001$
DND SBP, %	15,8 (14,5-17,0)	5,6 (4,3-6,4) $p1 < 0,001$	16,4 (14,7-18,1) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
DND DBP, %	14,7 (13,1-16,1)	5,7 (5,2-6,2) $p1 < 0,001$	15,1 (13,6-16,8) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
VAR SBP, mmHg	11,5 (10,5 -12,35)	17,5 (15,7 – 19,1) $p1 < 0,001$	8,4 (7,8 -9,4) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
VAR DBP, mmHg	8,7 (8,2 – 9,6)	16,4 (14,7 – 18,2) $p1 < 0,001$	8,6 (7,9 - 9,5) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
MI SBP, mmHg	38,3 (36,1- 40,2)	36,8 (34,6 – 38,0) $p1 < 0,001$	48,8 (47,6- 50,8) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
MI DBP, mmHg	28,9 (27,0 – 30,9)	26,7 (25,3-28,4) $p1 < 0,001$	29,7 (28,5 – 31,6) $p1 = 0,076$; $p2 < 0,001$
RMI SBP, mmHg	8,1 (6,4 -9,0)	16,1 (15,2 -17,1) $p1 < 0,001$	8,4 (7,6 - 9,3) $p1 = 0,76$; $p2 < 0,001$
RMI DBP, mmHg	4,5 (3,7 – 5,4)	10,4 (9,5-11,3) $p1 < 0,001$	4,6 (3,4 – 5,8) $p1 = 0,75$; $p2 < 0,001$
TI AH SBP, %	16,0 (10,0 -20,0)	78,5 (74,0-84,0) $p1 < 0,001$	67,0 (63,0 – 70,7) $p1 < 0,001$; $p2 < 0,001$
TI AH DBP, %	8,0 (6,0 -10,0)	81,0 (76,0-85,0) $p1 < 0,001$	65,0 (61,0 – 72,0) $p1 < 0,001$; $p2 < 0,001$

Annotation: BP_d – diurnal mean parameter; BP_n – nocturnal mean parameter; p1 - comparison with the control group, $p < 0,001$; p2 - comparison between groups of examined patients, $p < 0,001$.

According to the obtained data, it was revealed that salt-sensitive patients have the 24-hour mean VAR SBP and VAR DBP values and the 24-hour mean SBP and DBP values more than normal (15 and 14 mmHg, respectively). They are significantly higher than in the other groups ($p < 0.001$). The 24-hour variability of blood pressure does not change or exceed the norm in salt-resistant patients. It is possible to assume that natriuretic hormones are activated in

the daytime and relatively suppressed in the nighttime in salt-sensitive AH. Therefore, the pressure natriuresis daily rhythm is probably related to the fluctuation of sympathoadrenal system (SAS) and the reninangiotensin system (RAS) activities [20]. The MI BP analysis revealed that values in both groups remained unchanged and corresponded to control group (SBP ≥ 56.5 mmHg and DBP ≥ 36 mmHg). In addition, salt-sensitive patients have the MI SBP and DBP

values lower than salt-resistant patients ($p < 0.001$). It can be explained by the monotonic 24-hour BP variability. That's why MI BP is not informative. The rate of morning increase in blood pressure (RMI) is significantly higher in salt-sensitive patients ($p < 0.001$). The parameters of salt-resistant patients don't differ from the control group ($p = 0.7$).

TI AH is the parameter that forms the DI BP. The 24-hour mean TI AH for SBP and DBP in patients with AH is significantly higher than in healthy individuals ($p < 0.001$). It doesn't depend on salt-sensitivity.

It is known that the increase in 24-hour mean SBP and DBP, RMI BP, as well as a decrease in DND BP have the greatest prognostic value for the AH complications [19]. The most adverse DMBP parameters are inherent in the sodium-sensitive AH. In our opinion, this may be one of the explanations for unfavorable prognosis under conditions of BP salt-sensitivity.

Conclusions.

1. It was identified 42.5% of salt-sensitive and 47.5% of salt-resistant cases among the examined patients with stage II AH.
2. Salt-sensitive patients are characterized by a predominance of the «non-dippers» (76.5 %) and «night-peakers» (15.7 %) BP daily profiles. Also, they had the enlarged rate of morning increase in BP, increased BP variability, and the lowest degree of nighttime BP dipping, which is prognostically unfavorable for the AH course.
3. «Dippers» (77.2%) are more common for salt-resistant patients. This group has a favorable BP daily profile and reference values for morning increase in BP, rate of morning increase in BP and BP variability, which did not differ from the control group.

LITERATURE

1. Волошина І.М. Менеджмент споживання кухонної солі при артеріальній гіпертензії// Патологія, 2018. 15, № 1(42), С. 122-126.
2. Imaizumi Y, Eguchi K, Murakami T et al. High salt intake is independently associated with hypertensive target organ damage// The Journal of Clinical Hypertension. 2016, 18, P. 315–321
3. Eljovich, F., Weinberger, M.H., Anderson, C.A. et al. Salt sensitivity of blood pressure: a scientific statement from the American Heart Association// Hypertension, 2016. 68(3), P. 7-46. doi: 10.1161/HYP.0000000000000047.
4. Grillo, A., Salvi, L., Coruzzi, P. et al. Sodium intake and hypertension// Nutrients, 2019. 11(9), doi: 10.3390/nu11091970.
5. Фатула М.І., Машура Г.Ю. Артеріальна гіпертензія і хлорид натрію// Науковий вісник Ужгородського університету, серія «Медицина», 2015. 1 (51), С. 259-265.
6. Rust, P., Ekmekcioglu, C. Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension// Adv Exp Med Biol, 2017. 956, P. 61-84. doi: 10.1007/5584.
7. Äijälä, M., Malo, E., Santaniemi, M. et al. Dietary sodium intake and prediction of cardiovascular events. Eur J Clin Nutr, 2015. 69(9), P. 1042-7. doi: 10.1038/ejcn.2015.40.
8. Iwahori, T., Miura, K., Ueshima, H. et al. INTERSALT Research Group. Urinary sodium-to-potassium ratio and intake of sodium and potassium among men and women from multiethnic general populations: the INTERSALT Study// Hypertens Res, 2019. 17, doi: 10.1038/s41440-019-0263-1.
9. Juraschek, S.P., Miller, E.R., Weaver, C.M. et al. Effects of sodium reduction and the DASH diet in relation to baseline blood pressure// J Am Coll Cardiol, 2017. 70(23), P. 2841-2848. doi: 10.1016/j.jacc.2017.10.011.
10. World Health Organization. A global brief on hypertension: silent killer, global public health crisis // World Health Day 2013. Report. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2013. P. 1–39.
11. Norm, R.C., Campbell, M.D., Correa-Rotter, R., et al. Proposed nomenclature for salt intake and for reductions in dietary salt // J. Clin. Hypertens. (Greenwich), 2015. 17(4), P. 247-251.
12. Бабкин А.П., Гладких В.В. Курбатова Т.Л. Солечувствительность артериальной гипертензии как предиктор эффективности антигипертензивной терапии // Международный медицинский журнал, 2010. 3, С. 49-52.
13. Kantaria, N., Patsulaia, I., Andronikashvili, I., et al. Possible mechanism of development of salt sensitive essential hypertension//Georgian Med News, 2016. 258, P. 28-32.
14. Kario, K., Tomitani, N., Kanegae, H., et al. Comparative effects of an angiotensin II receptor blocker (ARB)/diuretic vs. ARB/Calcium-Channel Blocker combination on uncontrolled nocturnal hypertension evaluated by information and communication technology-based nocturnal home blood pressure monitoring- the NOCTURNE study// Circ J, 2017. 81(7), P. 948-957. doi: 10.1253/circj.CJ-17-0109.
15. Mente, A., O'Donnell, M., Rangarajan, S., et al. Associations of urinary sodium excretion with cardiovascular events in individuals with and without hypertension: a pooled analysis of data from four studies// The Lancet, 2016. 388 (10043), P. 465-475.
16. Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої) та третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги. Профілактика серцево-судинних захворювань. Затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 13.0.2016 року № 564.
17. Weinberger, M.H., Fineberg, N.S., Fineberg, E., Weinberger, M. Salt sensitivity, pulse pressure, and death in normal and hypertensive humans// Hypertens, 2001. 37(2), P. 429-432.
18. Гусаров Г. В. Добове моніторування артеріального тиску та його оцінка / I – Medic : статті / Г. В. Гусаров. – Київ, 2012. С. 1-4.
19. Kimura, G.I., Dohi, Y., Fukuda, M. Salt sensitivity and circadian rhythm of blood pressure: the keys to connect CKD with cardiovascular events// Hypertens Res, 2010. 33(6), P. 515-520. doi: 10.1038/hr.2010.47.
20. Fukuda, M.I., Yamanaka, T., Mizuno, M., et al. Angiotensin II type 1 receptor blocker, olmesartan, restores nocturnal blood pressure decline by enhancing daytime natriuresis// J Hypertens, 2008. 26(3), P. 583-588. doi: 10.1097/HJH.0b013e3282f2fded.

REFERENCES

1. Voloshyna, I.M. Menedzhment spozhyvannya kuxonnoyi soli pry arterialnij gipertenziyi [Management of salt intake in hypertension]// Patology, 2018. 15 - 1(42), P. 122-126.
5. Fatula, M.I., Mashura, G.Yu. Arterialna gipertenziya i xloryd natriyu. [Hypertension and sodium chloride]. Scientific bulletin of Uzhgorod University, series "Medicine", 2015. 1 (51), P. 259-265.
12. Babkyin, A.P., Gladkix, V.V., Kurbatova, T.L.. Solechuvstvitelnost arterialnoj gipertenzii kak prediktor effektivnosti antigipertenzivnoj terapii. [The salt sensitivity of arterial hypertension as a predictor of the effectiveness of antihypertensive therapy]// International medical journal, 2010. 3, P. 49-52.
16. Unifikovaniy klinichnyy protokol pervinnoyi, vtorinnoyi (spetsializovanoyi) ta tretinnoyi (visokospetsializovanoyi) medichnoyi dopomogi. Profilaktika sertsevo-sudinnih zahvoryuvan, № 564 vid 13.07.2016 roku. [Unified clinical protocol of primary, secondary (specialized) medical and tertiary (highly specialized) medical care. Prevention of cardiovascular diseases. №564 dated 13.07.2016].
18. Gusarov, G.V. Dobove monitoruvannya arterialnogo tysku ta jogo ocinka [Daily blood pressure monitoring and evaluation] Kiev: I – Medic, 2012. P.1-4.

TECHNICAL SCIENCES

Алгоритм адаптивного керування автономного мобільного робота

Н. С. Ащепкова

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
Corresponding author. E-mail: ashchepkovanatalya@gmail.com

Paper received 13.12.20; Accepted for publication 23.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-10>

Анотація. Розглядається завдання синтезу алгоритму адаптивного керування автономним мобільним роботом (АМР) із маніпулятором, який передбачає одночасне вивчення й оцінювання в реальному часі динамічних характеристик АМР (завдання ідентифікації) і визначення параметрів керування по отриманій моделі (завдання синтезу). Особливостями динаміки є недіагональність і нестационарність тензору інерції, зсув положення центру мас, конструктивні обмеження у приводах і т.д. В роботі представлено результати дослідження керованого руху мобільного робота з маніпулятором, визначено задачі системи керування, наведено структурну схему алгоритму адаптивного керування.

Ключові слова: автономний мобільний робот, маніпулятор, адаптивне керування.

За даними Міжнародної федерації по робототехніці (IFR) в 2018 році у світі було продано більше 420 тис. промислових, понад 270 тис. професійних сервісних і 16,3 млн. персональних і розважальних роботів. Сьогодні робототехнічні комплекси широко застосовуються при роботі в небезпечних й шкідливих для людини умовах:

- виявлення й транспортування вибухонебезпечних предметів;
- роботи в умовах підвищеної радіації;
- догляд за пацієнтами в умовах пандемії;
- технологічні операції на виробництві при підвищеній концентрації шкідливих речовин (фарбування й нанесення покриттів);
- підводна прокладка силових кабелів і т.д.

Розширення сфери застосування та ускладнення завдань для сучасних автономних мобільних роботів (АМР) обумовлює наявність елементів конструкції, рухомих відносно платформи робота. Прикладом таких елементів конструкції може бути маніпулятор, виконавчі органи спеціалізованого обладнання або рухливе навісне устаткування: шуп, бур, ківш і т.п. [1] При експлуатації АМР ці елементи рухаються відносно платформи, змінюючи геометрію мас системи.

Системи керування роботів й маніпуляторів відносяться до класу нелінійних багатомірних систем зі змінною структурою з множиною входів і виходів. АМР з маніпулятором є складною механічною системою, яку можна вважати маніпулятором на рухливій основі. Ланки маніпулятора – перенесені тіла, платформа – несуче тіло [2]. При відносному русі елементів конструкції АМР змінюваної конфігурації його головні центральні осі інерції не спрямовані з осями системи координат зв'язаної з платформою АМР. В [3] здійснено аналіз тензору інерції АМР із маніпулятором при різній конфігурації їх взаємного положення при масі маніпулятора з вантажем до 20% маси платформи АМР. Результати досліджень наведені в [3] доводять, що значення відцентрових моментів інерції системи при відносному русі маніпулятора сумірні значенням осьових моментів інерції системи, навіть якщо маса рухомих елементів конструкції менша, ніж 10% маси платформи. Авторами в [3] установлена залежність

значень елементів тензора інерції АМР змінюваної конфігурації від значень узагальнених координат рухливих елементів конструкції. Крім того, визначена залежність значень елементів тензора інерції АМР змінюваної конфігурації від співвідношення маси платформи й маси рухливих елементів конструкції. Тому при синтезі алгоритмів керування тензор інерції такої системи потрібно приймати недіагональним і нестационарним.

Робот, як об'єкт керування, це - багатоканальна, багатозв'язна, суттєво нелінійна динамічна система. Дослідженнями динаміки й керування роботів займалися Є.І. Юревич, А.В. Тимофєєв, В.С. Яструбів, О.М. Філатов і інші. При переміщенні АМР змінюваної конфігурації по заданому маршруту система керування має забезпечити мінімальне відхилення центру мас платформи від заданої траєкторії. При цьому керуючі моменти направлені вздовж осей системи координат зв'язаної з платформою АМР [4]. Результати математичного моделювання та аналізу динаміки АМР змінюваної конфігурації наведені в [5] демонструють взаємозв'язок каналів керування обумовлений недіагональністю і нестационарністю тензору інерції. В [6] представлено модель трьох ланкового маніпулятора доповнену рівняннями динаміки електроприводів для кожного ступеня рухливості з врахуванням впливів нелінійностей і змін параметрів маніпулятора. На основі отриманої моделі запропоновано три алгоритми адаптивного керування на основі принципу зворотного зв'язку. При цьому на кожному кроці використовується інформація тільки в поточному значенні вектора стану маніпулятора, що значно зменшує обсяг обчислень. В [6] автор пропонує використовувати для маніпулятора алгоритми адаптивного керування в реальному часі, які не вимагають повного виміру вектора стану системи. Представлені алгоритми забезпечують системі керування маніпулятором адаптивні властивості стосовно змін навантаження.

Сучасні методи керування рухом маніпулятора по бажаній траєкторії, розділяються на шість напрямків [4, 7]: оптимальне керування, керування по обчислювальному моменту, керування по силовому моменту, гібридне керування, робастне керування, керування зі

змінною структурою. З аналізу літератури випливає, що відомі методи вимагають наявності точної моделі динаміки маніпулятора й не враховують зміни параметрів маніпулятора в процесі роботи. У результаті погіршується динаміка й демпфірування системи, обмежуються точність і швидкість позиціонування кінцевої ланки. Даних недоліків можна уникнути застосуванням керування адаптивного не лише до зовнішніх впливів але і до зміни параметрів маніпулятора в процесі роботи.

Актуальність роботи обумовлена тим, що успіхи в області теорії адаптивного керування й бурхливий розвиток мікропроцесорів створюють реальні передумови для розробки й широкого використання АМР з адаптивним керуванням і елементами штучного інтелекту.

Мета дослідження – розробка ефективного алгоритму адаптивного керування багатозв'язною і багатofункціональною системою «АМР з маніпулятором».

Сучасна практика керування рухливими об'єктами базується на поділі рухів і керуванні кожним компонентом руху окремим виконавчим механізмом. Сучасні методи динамічного керування електромеханічними об'єктами типу маніпуляторів здійснюють обмежену компенсацію змін моментів інерції й корисного навантаження, а також коефіцієнтів зв'язку між зчленуваннями, що приводить до зниження швидкості й точності співвідносної реакції. Методи нелінійного керування, наприклад, метод розрахункових моментів або метод нелінійного прямого зв'язку, звичайно вимагають досить точної динамічної моделі й обумовлюють використання складних алгоритмів керування в реальному часі.

На точність динамічної моделі АМР із маніпулятором впливають багато факторів: зовнішні збурювання, недиагональність і нестационарність тензору інерції, зсув положення центру мас, тертя, конструктивні обмеження і т.д. Відомі алгоритми керування для подібних об'єктів дозволяють ефективно відпрацьовувати досить вузький діапазон зміни параметрів об'єкта. Врахування широкої зміни параметрів вимагає адаптивного підходу при формуванні алгоритмів керування, відповідно, більш докладної моделі об'єкта. Одним з найбільш ефективних підходів до подолання цих труднощів, є створення нових адаптивних алгоритмів, які не вимагають апріорного точного знання параметрів динаміки робота й здатних працювати в заздалегідь невідомих умовах його функціонування.

Розглянемо керований рух АМР з врахуванням недиагональності тензора інерції якщо головні центральні осі інерції АМР змінюють орієнтацію відносно векторів керуючих моментів. Рух АМР змінюваної конфігурації характеризується швидкістю \dot{v}_0 руху вздовж траєкторії полюса O_0 - центра мас системи й вектором кутової швидкості $\bar{\Omega}$:

$$\bar{\Omega} = \begin{bmatrix} \Omega_x \\ \Omega_y \\ \Omega_z \end{bmatrix}, \quad \begin{aligned} \Omega_x &= \dot{\varphi} - \dot{\psi} \cdot \sin \psi, \\ \Omega_y &= \dot{\psi} \cdot \cos \varphi + \dot{\psi} \cdot \sin \varphi \cdot \cos \psi, \\ \Omega_z &= -\dot{\psi} \cdot \sin \varphi + \dot{\psi} \cdot \cos \psi \cdot \cos \varphi. \end{aligned}$$

Схема конструкції АМР із маніпулятором наведена на рис.1. Конструкція складається з повнопривідної 4 – колісної платформи АМР, та маніпулятора складеного

з кільця, що обертається навколо вертикальної осі, та стрижневих ланок – руки, з'єднаних ротаційними кінематичними парами п'ятого класу.

Розглянемо процес експлуатації АМР оснащеного антропоморфним маніпулятором з чотирма ступенями рухливості. При переміщенні мобільного робота змінюваної конфігурації по заданому маршруту система керування має забезпечити мінімальне відхилення центру мас платформи від заданої траєкторії. При цьому керуючі моменти направлені вздовж осей системи координат зв'язаній з платформою автономного мобільного робота. При відносних рухах маніпулятора тензор інерції системи тіл в системі координат пов'язаній з платформою набуває недиагональності і нестационарності, що обумовлює взаємозв'язок каналів керування. Кількість керуючих впливів: під час переміщення траєкторією – чотири (на кожне колесо), під час роботи маніпулятора – чотири (на кожен узагальнену координату). Таким чином, система керування багатовимірною, зв'язок між каналами керування здійснюється за рахунок фізичних властивостей об'єкту керування.

Цикл роботи АМР можна розділити на декілька етапів:

- рух платформи АМР з точки старту S до точки фінішу F при нерухомому маніпуляторі з дотриманням вимог оптимальності (швидкодія, продуктивність або економічність, і т. п.);
- виконання технологічних операцій маніпулятором, навісним або інформаційним обладнанням при нерухомій платформі;
- повернення платформи АМР до точки старту S або рух до заздалегідь заданої кінцевої точки K при нерухомому маніпуляторі.

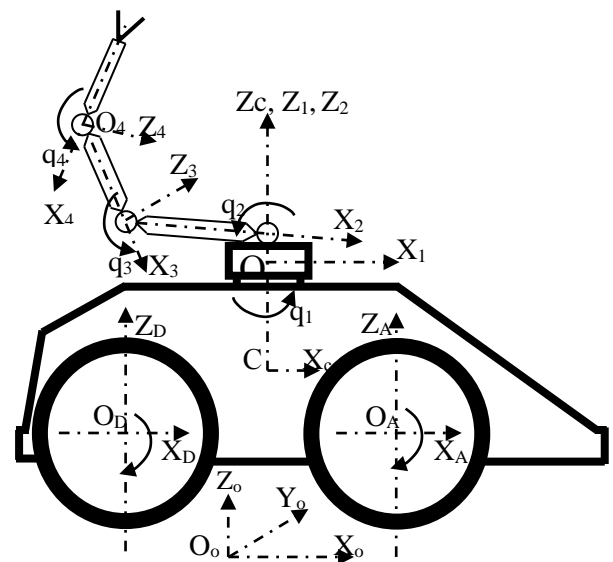


Рис. 1. Схема конструкції АМР з маніпулятором

На першому і третьому етапі роботи АМР являє собою візок з адаптивною системою керування, який рухається в наперед невизначених умовах зовнішнього середовища. Для забезпечення усталеного руху АМР з точки старту S до точки фінішу F при нерухомому маніпуляторі з дотриманням вимог оптимальності необхідно виконати математичне та імітаційне моделювання. Динаміку та керованість чотирьохколісного повнопривідного автономного мобільного робота детально

досліджено у [8]. Керуючі впливи – моменти прикладені до кожного колеса обумовлюють відхилення маніпулятора від початкового положення в наслідок недіагональності тензору інерції. При поверненні платформи АМР необхідно врахувати зміну розподілу мас конструкції відносно центра мас платформи обумовлену наявністю об'єктів маніпулювання, зразків ґрунту, зразків води і т.п. при нерухомому маніпуляторі.

На другому етапі роботи АМР можна розглядати як антропоморфний маніпулятор на рухливій основі. Моделювання взаємодії робот - зовнішнє середовище, у загальному виді містить:

- трансляцію завдання (визначення об'єкту, кількості і характеру перешкод, координат точок старту та фінішу, гранично допустимих значень параметрів руху й т. ін.);

- пошук додаткової інформації або інструментів до початку виконання завдання;

- виконання завдання (деякої макрозадачі, яка може складатися з великої кількості елементарних підзадач).

Ефективність керування маніпуляторами в значній мірі визначається методами навчання, застосованими алгоритмами й засобами адаптації. Керування схватом маніпулятора АМР здійснюється оператором дистанційно. Конструкцією передбачено три канали передачі даних (оптоволоконний дрiт, Wi-fi та захищений радіозв'язок). Корегування рухів та контроль результатів діяльності маніпулятора здійснюється за допомогою системи відеоспостереження.

Умови експлуатації АМР з маніпулятором найчас-

тіше не тільки не відомі апіорно, але й можуть непередбачено змінюватися в широкому діапазоні. Причини невизначеності й нестационарності цих умов полягають: 1) у недоліку інформації про властивості зовнішнього середовища; 2) у технічних обмеженнях, природному розкиді й дрейфі параметрів сенсорної й рухової систем робота; 3) у виникненні перешкод і обчислювальних погрішностей у каналах зв'язку й керування.

У зв'язку із цим розглядається постановка завдання синтезу алгоритму адаптивного керування АМР із маніпулятором, яка полягає в одночасному вивченні й оцінюванні в реальному часі динамічних характеристик АМР (завдання ідентифікації) і визначенні параметрів керування по отриманій моделі (завдання синтезу).

Згідно [6] модель АМР може бути представлена у вигляді рівняння "вхід - вихід":

$$y(t) = f_y[y(t-1), y(t-2), \dots, u(t-1), u(t-2), \dots, Q(t), \Theta(t)],$$

де y – вихідна змінна, u – керування, Θ – збурення, f_y – деяка функція, Q – параметри АМР з маніпулятором, $t=1, 2, \dots, n$ – дискретний час.

Алгоритм адаптивного керування рекурентного типу записується у вигляді:

$$u(t) = f_u[u(t-1), y(t), U_e(t), Q(t)],$$

де U_e –бажана траєкторія рухів АМР з маніпулятором, f_u – функція керування залежна від впровадженого закону.

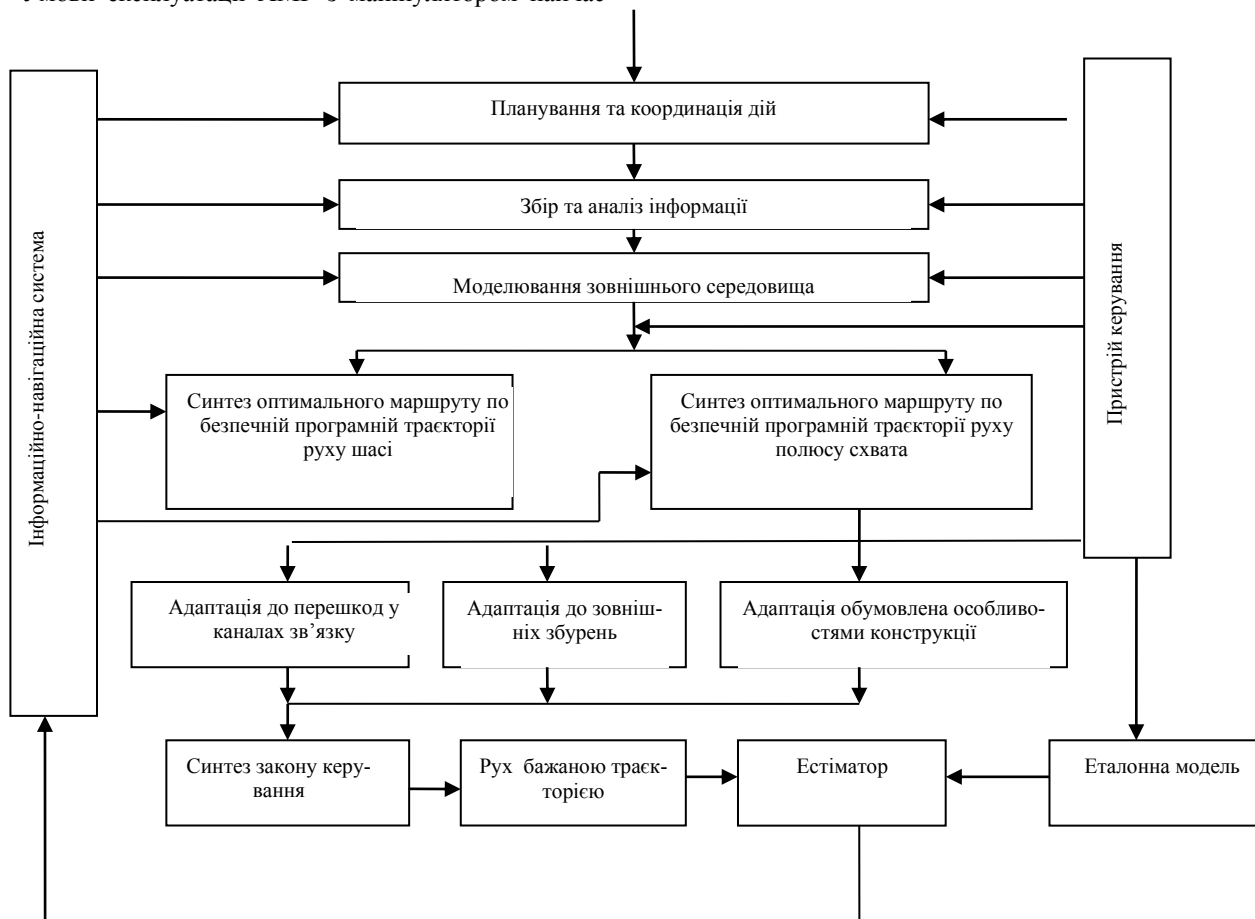


Рис.2. Структурна схема алгоритму адаптивного керування АМР з маніпулятором

Критерієм адаптації є мінімізація відхилення вектора стану АМР від бажаної траєкторії, який може бути

записаний в загальному вигляді:

$$I = \Phi(U_e(t) - y(t)) \rightarrow \min.$$

Структурна схема алгоритму адаптивного керування АМР з маніпулятором наведена на рис.2.

Запропонований алгоритм керування дозволяє оснащувати роботи засобами автоматичного навчання (самонавчання) і адаптації, які перетворюють їхню керуючу систему в надзвичайно гнучкий інструмент організації цілеспрямованого поведіння в умовах невизначеності. Саме тому роботи з адаптивним керуванням і елементами штучного інтелекту значно перевершують по можливостях роботи із програмним керуванням: вони можуть адекватно реагувати на зміни зовнішньої обстановки, підбудовуватися до дрейфу параметрів зовнішнього середовища, розпізнавати й обходити перешкоди, ідентифікувати цільові об'єкти, визначати їхні характеристики.

Висновок. Розглядається завдання синтезу алгоритму адаптивного керування АМР із маніпулятором, який передбачає одночасне вивчення й оцінювання в реальному часі динамічних характеристик АМР (завдання ідентифікації) і визначення параметрів керування по отриманій моделі (завдання синтезу). Особ-

ливостями динаміки є недиагональність і нестационарність тензору інерції, зсув положення центру мас, конструктивні обмеження у приводах, тертя у кінематичних парах і т.д. Умови експлуатації АМР з маніпулятором найчастіше не тільки не відомі априорно, але й можуть непередбачено змінюватися в широкому діапазоні. Причини невизначеності й нестационарності цих умов полягають: 1) у недоліку інформації про властивості зовнішнього середовища; 2) у технічних обмеженнях, природному розкиді й дрейфі параметрів сенсорної й рухової систем робота; 3) у виникненні перешкод і обчислювальних погрешностей у каналах зв'язку й керування. Запропонований алгоритм керування дозволяє оснащувати роботи засобами автоматичного навчання (самонавчання) і адаптації, які перетворюють їхню керуючу систему в надзвичайно гнучкий інструмент організації цілеспрямованого поведіння в умовах невизначеності.

Подальші дослідження і синтез багатозв'язної системи керування мобільного робота з маніпулятором дозволить підвищити його живучість і ефективність за умов автономної роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юревич Е. И. Основы робототехники: учеб. пособие / Е. И. Юревич // – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 304 с.
2. Коллюбин С. А. Динамика робототехнических систем. Уч. пособие / С. А. Коллюбин // – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 117 с.
3. Ащепкова Н. С. Аналіз недиагональності і нестационарності тензору інерції автономного мобільного робота/ Н. С. Ащепкова, О. В. Збруцький, О. В. Биценко// Механіка гіроскопічних систем. – НТУУ «КПІ». – Вип.39. – 2020. – С.24–34.
4. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2004. – 480 с.
5. Ащепкова Н.С. Моделирование динамики автономного мобильного робота з маніпулятором/ Н.С. Ащепкова, А.В. Збруцький // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ «ХПИ». – декабрь, 2020. – № 31. – С. 4-14.
6. Брдни М. Адаптивное управление роботами-манипуляторами. /М. Брдни// Автореферат канд. дис. . – Москва, 18 с.
7. Шашихин В. Н. Современные проблемы автоматического управления / В. Н. Шашихин // – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 210 с.
8. Мартынов Ю. Г. Управление движением мобильных колесных роботов/ Ю. Г. Мартынов // Фундамент. и прикл. матем., – Москва „МГУ”. – Т.11., Вип.8. – 2005. – С.29–80.

REFERENCES

1. Jurevich, E. (2017) Basis of robot, BHV - Petersburg, St. Petersburg, 304 p.
2. Kolyubin, S. (2017) Dynamics of the robots systems, Publishing house of ITMO University, St. Petersburg, 117 p.
3. Ashchepkova, N., Zbrutskiy, O. and Bitsenko, O. (2020) “Analysis of non-angularity and non-stationarity to the tensor of energy of an autonomous mobile robot”, Herald of the National Technical University “KPI”. Subject issue: Mechanics of gyroscopic systems. Vol. 3 – pp. 24 – 34.
4. Zenkevich, S. and Yushenko, A. (2004) Bases of control system for manipulation robots, Publishing house of Moscow State Technical University by N. Bauman, Moscow, 480 p.
5. Ashchepkova, N. and Zbrutskiy, O. (2020) “Simulation of the dynamics of an autonomous mobile robot with a manipulator”, Herald of the National Technical University “KPI”. Subject issue: Computer Science and Modeling. Kharkiv. Vol. 39 – pp. 4 – 14.
6. Brdni M. (1993) Adaptive control of manipulator robots: Author's thesis, Moscow, 18 p.
7. Shashikhin, V. (2017) Modern problems of automatic control, Publishing house of St. Petersburg Polytechnic Institute, St. Petersburg, 210 p.
8. Martynov, Y. (2005) “Motion control of mobile wheeled robots”, Herald of the Moscow University. Subject issue: Fundam. and app. mat. – Moscow. Vol. 11 – pp. 29 – 80.

Algorithm for adaptive control of autonomous mobile robot

N. S. Ashchepkova

Annotation. The problem of synthesis of an algorithm for adaptive control of an autonomous mobile robot (AMR) with a manipulator is considered, which provides for the simultaneous study and evaluation in real time of the dynamic characteristics of AMR (identification problem) and determination of control parameters from the obtained model (synthesis problem). The peculiarities of the AMR dynamics are the nondiagonal and nonstationarity of the tensor of inertia, the displacement of the position of the center of mass, design constraints in drives, etc. The paper presents the results of a study of the controlled movement of a mobile robot with a manipulator, defines the tasks of the control system, and provides a block diagram of the adaptive control algorithm.

Keywords: autonomous mobile robot, manipulator, adaptive control.

Оптимізація процесу завантаження контейнеровозу

А. І. Федоров

Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна
Corresponding author E-mail: a_ben@i.ua

Paper received 06.12.20; Accepted for publication 20.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-11>

Анотація. Наукове дослідження присвячено вивченню особливостей процесу завантаження-вивантаження контейнеровозу під час виконання ним мультипортових рейсів. Метою дослідження є розробка математичної моделі завантаження судна-контейнеровозу, що забезпечує зменшення впливу переміщення контейнерів та зменшує витрати часу на формування вантажного плану судна. Розроблено математичну модель завантаження контейнеровозу, яка дозволяє одночасно враховувати мультипортовість виконання рейсу судна та технологічні обмеження формування вантажного плану обумовлені особливостями їх розміщення на судні.

Ключові слова: вантажний план судна, фідерні перевезення, управління завантаженням контейнеровозу, оптимізація завантаження.

Вступ. Оптимізація вантажного плану контейнеровозу в сучасних умовах зростання обсягів контейнерних перевезень має вкрай важливе значення для світового судноплавства, оскільки при здійсненні вантажних операцій на контейнеровозі вони доволі часто здійснюються за принципом «останній завантажений – перший вивантажений», що призводить до формування неоптимального вантажного плану судна [1].

Побудова технологічно обумовлених ланцюжків завантаження-вивантаження контейнерів, особливо, якщо маршрут судна проходить через кілька портів, призводить до виникнення проблеми так званого шифтінга, тобто нераціональних вантажних операцій завантаження-вивантаження контейнерів на судні з метою вилучення лише потрібних в завданому порту контейнерів. Згідно [2], плата за переміщення контейнерів може бути високою, складаючи близько 200 доларів США за один контейнер. Крім того зазначені операції призводять не лише до зростання часу здійснення вантажних операцій, але й впливають на зміну параметрів остійності судна, тому повинні ретельно контролюватися [6]. Таким чином, головною метою раціонального планування розміщення вантажу на контейнеровозах є мінімізація кількості непотрібних переміщень контейнерів. Важливо також зазначити, що слід враховувати інші параметри, такі як остійність контейнеровозу, вага кожного з контейнерів, та їх тип (стандартний, небезпечний та ін.).

Зменшення кількості шифтінга позитивно впливає на економічні показники перевезення контейнерних вантажів, тому являє собою актуальну наукову та практичну задачу сучасного судноводіння.

Короткий огляд публікацій за темою. В ході аналізу робіт, присвячених створенню моделей і методів розміщення контейнерів на судні і терміналі було визна-

чено, що для вирішення подібних завдань використовуються евристичні підходи, такі як: ітераційний локальний пошук (iterative local search, ils)[10]; спрямований локальний пошук (guided local search, gls) [4]; еволюційний алгоритм (evolutionary algorithm, ea) [5]; пошук зі змінною околицею (variable neighborhood search, vns); імовірнісний жадібний алгоритм (grasp) [3]; імітація відпалу (simulated annealing, sa) [9]; пошук із заборонами (tabu search, ts) [7]; генетичний алгоритм (genetic algorithms, ga) [11]; алгоритм оптимізації мурашиної колонії (ant colony optimization, aco) [8].

Порівняльний аналіз досліджень, проведених різними авторами, показує, що ефективним методом вирішення проблеми є комбінований двохетапний підхід, заснований на формуванні субоптимального плану завантаження контейнеровозу з використанням методу гілок і меж з послідовним застосуванням методу пошуку із заборонами. При цьому також з'являється можливість її додаткового уточнення і ускладнення шляхом введення додаткових обмежень по вазі, розмірам контейнерів, та заздалегідь визначеним місцям розташування окремих груп контейнерів на судні, наприклад рефрижераторних.

Мета. Метою роботи є створення математичної моделі з оптимізації формування вантажного плану контейнеровозу при здійсненні мультипортових перевезень.

Матеріали та методи. Субоптимальне розміщення контейнерів на судні може бути знайдено за прийнятний проміжок часу у випадку застосування комбінованого евристичного методу розробленого в роботі. Для зниження обчислювальної складності процесу формування вантажного плану контейнеровозу пропонується розділити цей процес на два етапи: стратегічне планування вантажного плану та тактичне планування.

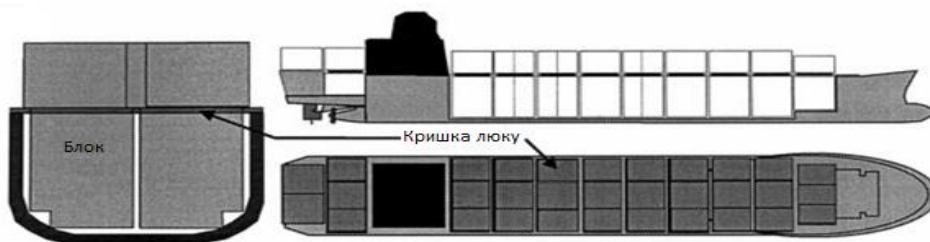


Рис. 1. Розбиття вантажного простору контейнеровозу на окремі блоки

Під час стратегічного планування групи контейнерів розміщуються блоками, в яких місця розміщення кон-

тейнерів, що відповідають кришкам люків, згруповані разом (рис. 1. та рис. 2(a)).

Під час тактичного планування конкретні контейнери розміщуються в конкретні місця всередині блоків, ви-

значених на етапі стратегічного планування (рис. 2(б)).

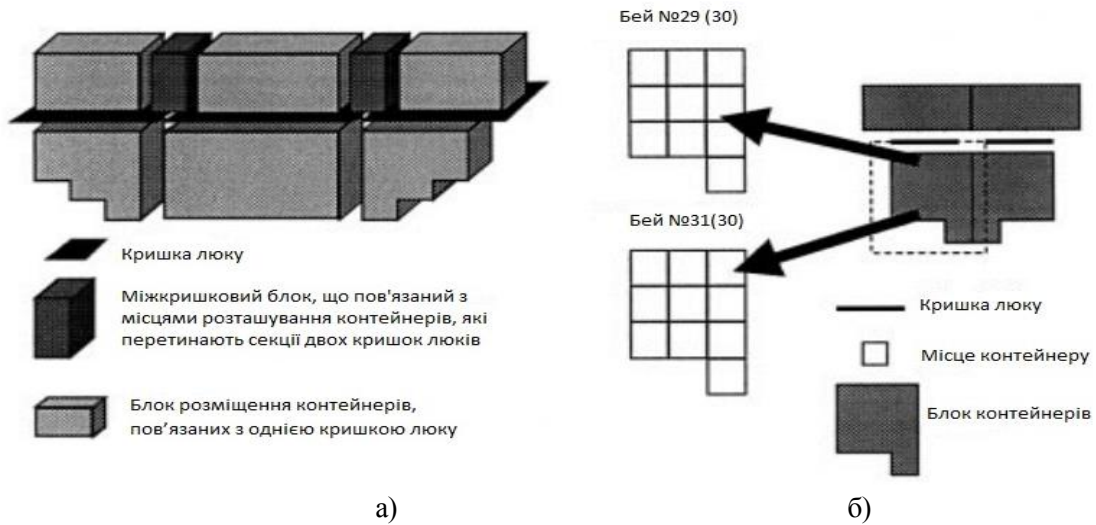


Рис. 2. Взаємозв'язок між блоками, кришками люків та місцями розміщення контейнерів (беями).

Процес стратегічного планування дозволяє сформулювати узагальнений карго-план у кінці процесів розвантаження і завантаження у кожному порту призначення (ПП). Під час тактичного планування точно визначається місце контейнера, яке він буде займати у порту призначення. Це дозволяє уникнути обчислювальних складнощів, пов'язаних з початковим розміщенням усіх контейнерів в загальному контейнерному масиві контейнеровозу. Кожен блок складається з кількох місць розміщення, розташованих в межах однієї кришки люку (групування по ширині) так, як це показано на рис. 2(б). Таким чином формується вантажний план судна.

Для вирішення задачі стратегічного планування приймемо наступні умовні позначення:

cr_i - кількість кранів в ПП i ;

nd - кількість ПП;

nh - кількість люків;

nc - кількість контейнерів;

nb - кількість боків;

nr - кількість боків, що укладені нагорі;

nl - кількість кришок люків;

$DH_{ij} = 1$ якщо контейнер в ПП i знаходиться в люку j , інакше 0;

XC_i - найбільша кількість контейнерів в ПП i розміщених в будь якому люку;

YC_i - найбільша кількість контейнерів розміщених для ПП i мінус XC_i ;

$DHN_{ijk} = 1$ якщо існує контейнер для ПП i в люку j і інший в межах сусіднього люку k ;

$DB_{ij} = 1$ якщо контейнер для ПП i існує в блоці j , інакше 0;

$DBR_{ijkl} = 1$ якщо контейнер для ПП k існує в блоці i і контейнер для ПП l існує в блоці j , де блок i вище блоку j і ПП k знаходиться далі ПП l , інакше 0;

$DL_{ij} = 1$ якщо контейнер для ПП i існує нижче кришки люку j , інакше 0;

VR_{ij} - залишкова ємність блоку i під кришкою, де зберігаються контейнери розташовані в блоці j , який знаходиться над кришкою і блок i знаходиться нижче блоку j ;

Цільова функція процесу стратегічного планування матиме вигляд:

$$f = ((f_1 \times w_1) + (f_2 \times w_2) + \dots + (f_9 \times w_9)) \quad (1)$$

де: f_i і w_i - відповідно значення складових цільової функції та їх ваги, що характеризують рівень придатності конкретного варіанта розміщення контейнерів.

Найменше значення цільової функції відповідає найкращому варіанту розміщення.

Перша складова цільової функції f_1 визначає кількість люків, які зайнято контейнерами для кожного ПП, при цьому кращий варіант розміщення характеризується меншою кількістю люків:

$$f_1 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nh} DH_{ij} \quad (2)$$

Друга складова цільової функції f_2 визначає скільки люків зайнято контейнерами у кожному ПП, і потім порівнює цю кількість з кількістю кранів що є в наявності в цьому ПП. Це потрібно для визначення необхідної кількості кранів у ПП, що залежить від кількості люків, зайнятих в цьому ПП:

$$f_2 = \sum_{i=1}^{nd} \left(\sum_{j=1}^{nh} DH_{ij} \right) \cdot cr_i \quad (3)$$

Третя складова цільової функції, f_3 визначає наскільки добре контейнери розподілені між люками, і, таким чином, наскільки ефективною буде робота кранів. В ідеальному випадку контейнери повинні бути розміщені таким чином, щоб працювали всі крани, задіяні в розвантаженні:

$$f_3 = \sum_{i=1}^{nd} |XC_i - YC_i| \quad (4)$$

Четверта складова цільової функції, f_4 , рахує кількість ПП, існуючих для кожного люку. Кращий варіант розміщення контейнерів характеризується мінімальною кількістю ПП для кожного люку:

$$f_4 = \sum_{i=1}^{nh} \sum_{j=1}^{nd} DH_{ji} \quad (5)$$

П'ята складова цільової функції, f_5 , є штрафною функцією, що визначає фрагменти розміщення контейнерів, в яких контейнери для одного ПП розміщені в сусідніх люках, що не дозволяє розвантажувати їх одночасно двома кранами:

$$f_5 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nh} \sum_{k=1}^{nh} DHH_{ijk} \quad (6)$$

Шоста складова цільової функції, f_6 , рахує кількість зайнятих контейнерами блоків для кожного ПП. Мінімальне змішування контейнерів для різних ПП в блоках відповідає кращому карго-плану:

$$f_6 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nb} DB_{ij} \quad (7)$$

Сьома складова цільової функції, f_7 , є штрафною функцією яка рахує кількість контейнерів, що розміщені на кришках люків, під якими є контейнери, призначені для попереднього ПП:

$$f_7 = \sum_{i=1}^{nb} \sum_{j=1}^{nb} \sum_{k=1}^{nd} \sum_{l=1}^{nd} DBR_{ijkl} \quad (8)$$

Восьма складова цільової функції, f_8 , визначає, наскільки добре контейнери розміщені під кришками люків, від чого залежить ефективність роботи портових кранів:

$$f_8 = \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{nl} DL_{ij} \quad (9)$$

Дев'ята складова цільової функції, f_9 , рахує кількість місць під кришкою люків, над якими знаходяться контейнери. Чим більше таких місць, тим гіршим є карго-план:

$$f_9 = \sum_{i=1}^{nr} \sum_{j=1}^{nb} VR_{ij} \quad (10)$$

Після визначення складових цільової функції здійснюється її мінімізація із застосуванням методу гілок та меж, що включає в себе п'ять етапів.

1. Визначення початкового розташування контейнерів. Контейнери розміщуються блоками відповідно до вантажного простору судна і етапів стратегічного планування. При цьому розміщення розпочинається з контейнерів, призначених для найдалшого ПП.

2. Визначення гілок. Генеруються нові рішення, що відображають кожне можливе розміщення першого контейнеру із списку завантаження у вантажному просторі судна. Невірні варіанти розміщень видаляються.

3. Пошук. Варіанти рішень, сформовані під час

визначення гілок аналізуються на придатність за допомогою цільової функції. Найбільш придатні варіанти розміщення запам'ятовуються.

4. Обрізка. Відбувається зменшення кількості варіантів рішень за рахунок вилучення тих розміщень, що при однаковому значенні цільової функції передбачають більшу кількість вантажних операцій.

5. Визначення нових розміщень. Обирається знайдене розміщення з найкращим значенням функції придатності і процес повторюється для наступних контейнерів і ПП.

Далі виконується тактичне планування розміщення контейнерів. Основними завданнями етапу тактичного планування є зменшення переміщень (шифтингу) контейнерів, забезпечення розташування контейнерів відповідно до їх ваги (знизу – важчі, зверху – легші), мінімізація кількості штабелів контейнерів з різними ПП.

Для визначення цільової функції тактичного планування застосуємо наступні позначення:

$C : \{c_1, \dots, c_{nc}\}$ - множина усіх контейнерів;

nc - кількість контейнерів;

D_i - порт призначення контейнеру i ;

DR_i - множина переміщень, які пов'язані з контейнером i ;

DW_i - множина контейнерів в одному штабелі, що розміщені вище контейнеру i і мають більшу вагу;

DS_i - множина контейнерів що мають різні ПП і знаходяться в одному штабелі з контейнером i .

Цільова функція процесу тактичного планування має вигляд:

$$f = (f_{10} \times w_{10}) + (f_{11} \times w_{11}) + (f_{12} \times w_{12}) \quad (11)$$

де w_i - вага відповідної складової f_i цільової функції.

Перша складова цільової функції, f_{10} , визначає кількість шифтингу:

$$f_{10} = \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} \begin{pmatrix} 1 & \text{якщо} & i \in DR_j \\ 0 & \text{якщо} & i \notin DR_j \end{pmatrix} \quad (12)$$

Друга складова цільової функції, f_{11} , визначає кількість контейнерів з різними ПП, що розміщені в одному штабелі:

$$f_{11} = \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} \begin{pmatrix} 1 & \text{якщо} & i \in DS_j \\ 0 & \text{якщо} & i \notin DS_j \end{pmatrix} \quad (13)$$

Третя складова цільової функції, f_{12} , визначає кількість контейнерів більшої ваги, що розміщені в одному штабелі один поверх одного:

$$f_{12} = \sum_{i=1}^{nc} \sum_{j=1}^{nc} \begin{pmatrix} 1 & \text{якщо} & i \in DW_j \\ 0 & \text{якщо} & i \notin DW_j \end{pmatrix} \quad (14)$$

Тактична оптимізація вантажного плану контейнеро-возу здійснюється із застосуванням методу пошуку із заборонами. Відбувається ітераційний процес пошуку рішення з найбільш придатних розміщень контейнерів на судні. При цьому для варіанта розміщення контейнерів S в усьому контейнерному просторі судна, множи-

на $M(s)$ представляє собою множину припустимих переміщень m , які можуть бути застосовані до розміщення S з метою отримання нового розміщення $s' = s \otimes m$,

що дає $N(s) = \{s' \mid \exists m \in M(s) \text{ де } s' = s \otimes m\}$. Такі

переміщення здійснюються з метою знаходження субоптимального розміщення контейнерів, виходячи з мінімізації цільової функції f .

Результати та їх обговорення. Розроблена математична модель завантаження контейнеровозу була застосована при створенні автоматизованої системи управління вантажними операціями контейнеровозу (АСУВОК), яка взаємодіє з причальними контейнерними кранами та судновою інформаційною системою.

При заході контейнеровозу в порт здійснюється підключення АСУВОК по мережі WiFi до мережі Інтернет, до якої також підключені комп'ютери причальних контейнерних кранів. Після реєстрації в мережі сформований АСУВОК план завантаження судна відображається на комп'ютері перевантажувача. Піднятий контейнер розміщується портовим краном в задану позицію, і інформація про його розміщення надходить в суднову інформаційну систему.

Практичне застосування розробленої математичної моделі в АСУВОК дозволило зменшити кількість шиф-

тінгу контейнерів та витрати часу на формування вантажного плану судна на 25-30%.

Відмінною рисою запропонованого підходу до формування вантажного плану контейнеровозу є його орієнтованість до застосування на фідерних перевезеннях (особливістю фідерних перевезень є мультипортовість та невелика кількість контейнерів на судні: 600-1200), в яких тривалість і вартість вантажних операцій в портах мають значний вплив на економічні показники виконання рейсу.

Висновки. В результаті проведеного аналізу наукових досліджень у галузі морських контейнерних перевезень було з'ясовано, що питання створення АСУВОК є актуальною науковою проблемою сьогодення, яка потребує вирішення з урахуванням нагальних поточних потреб морської індустрії.

Розроблена математична модель для оптимізації процесу завантаження контейнеровозу з урахуванням процесу його заходження до кількох портів дозволила скоротити час виконання вантажних операцій шляхом зменшення кількості шифтінгу контейнерів та тривалості вантажних операцій в портах, що поліпшує економічні показники виконання рейсу.

Перспективним напрямом подальших досліджень є введення до створеної математичної моделі додаткових обмежень, що враховують особливості розміщення контейнерів на судні в залежності від їх типу та конструктивних особливостей конкретного судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное / В.И. Снопков. – СПб: НПО «Профессионал», 2006. – 500 с.
2. Ambrosino, D., Anghinolfi, D., Paolucci, M. and Sciomachen, A. (2010) 'An experimental comparison of different heuristics for the master bay plan problem', Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6049. – Pp.314–325.
3. Avriel, M., Penn, M. and Shpirer, N. (2000) 'Containership stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs', Discrete Applied Mathematics. – Vol. 103, Nos. 1–3. – Pp.271–279.
4. Blum, C. and Roli, A. (2003) 'Metaheuristics in combinatorial optimization overview and conceptual comparison', ACM Computing Surveys. – Vol. 35, No. 3. – Pp.268–308.
5. Dubrovsky, O., Levitin, G. and Penn, M. (2002) 'A genetic algorithm with a compact solution encoding for the containership stowage problem', Journal of Heuristics. – Vol. 8, No. 6. – Pp.585–599.
6. Fan, L., Low, M.Y.H., Ying, H.S., Jing, H.W., Min, Z. and Aye, W.C. (2010) 'Stowage planning of large containership with tradeoff between crane workload balance and ship stability', Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computers Scientists. – Vol. III. – Pp.1–7.
7. Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objective simultaneous stowage and loading planning for a container ship with container rehandle in yard stacks', European Journal of Operational Research. – Vol. 171, No. 3. – Pp.373–389.
8. Sciomachen, A. and Tanfani, E. (2007) 'A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity', European Journal of Operational Research. – Vol. 183, No. 3. – Pp.1433–1446.
9. Vacca, I., Bierlaire, M. and Salani, M. (2007) 'Optimization at container terminals: status, trends and perspectives', 7th Swiss Transportation Research Conference, September. – Pp.1–21.
10. Valente, J.M.S. and Alves, R.A.F.S. (2005) 'Filtered and recovering beam search algorithm for the early/tardy scheduling problem with no idle time', Computers & Industrial Engineering. – Vol. 48, No. 2. – Pp.363–375.
11. Wilson, I. and Roach, P.A. (1999) 'Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning', Journal of Heuristics. – Vol. 5, No. 4. – Pp.403–418.

REFERENCES

1. Snopkov V.I. Tekhnologiya perevozki tovarov morem: Uchebnik dlya vuzov. SPb: NPO «Professional», 2006. 500 s.

Optimization of the container ship loading process

A. Fedorov

Abstract. The scientific research is devoted to the study of the peculiarities of the process of loading and unloading of a container ship during the performance of multipoint transportation. The aim of the study is to develop a mathematical model of loading a container ship, which reduces the impact of container movement and reduces the time spent on the formation of the cargo plan of the vessel. A mathematical model of container ship loading has been developed, which allows to take into account the multipoint ship transport and technological limitations of the cargo plan formation due to the peculiarities of their placement on the ship.

Keywords: cargo plan of the vessel, feeder transportation, container ship loading control, loading optimization.

Architecture of Tools of Estimating the Influence of Renewable Sources on the Electricity Cost in Ukraine

H. A. Ivanov¹, I. V. Blinov^{2*}, E. V. Parus²

¹State Company “Guaranteed buyer” Kyiv, Ukraine.

²Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

*Corresponding author. E-mail: blinovihor@gmail.com

Paper received 25.11.20; Accepted for publication 15.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-12>

Abstract. Aspects of supporting the development of renewable energy sources (RES) producers in Ukraine are analyzed. Aspects of the Guaranteed Buyer's work, its interaction with other participants of the electricity market are considered. It is shown that one of the methods to solve the problems related to increase in the share of RES is the need to analyze the components of the influence of supply by RES stations on the market value of electricity, and the framework of simulation modeling system architecture, as well as the main functions of calculating the cost of electricity being formed on the market are determined.

Keywords: *renewable electricity sources, guaranteed buyer, electricity market, simulation model.*

Introduction. In pursuance of the Law “On the Electricity Market” [1] a new electricity market has been operating in Ukraine from July 1, 2019. The market model defined by the Law corresponds to the generally accepted European model [2] and meets the requirements of the third energy package. At the same time, the national electricity markets of European countries implement the additional use of various mechanisms to stimulate or support market participants within the implementation of certain national programs. Thus, in 2009, Ukraine undertook legally guaranteed obligations to purchase all electricity [3] supplied by renewable energy source (RES) stations at a feed-in tariff until 2030. The main components of these obligations include: purchasing electricity supplied by RES at a fixed feed-in tariff; purchasing electricity by a centralized state-owned enterprise; timely payments for purchased electricity. Thus, the new market model includes the functions of a fundamentally new participant in the electricity market, i. e. a Guaranteed Buyer (GB) [4]. This market participant should purchase at a feed-in tariff all electricity from RES in full and implement the mechanisms provided by law to compensate for such a tariff. In view of this, as well as the rapid increase in the share of RES in the overall balance of the IPS in Ukraine, the urgent task that needs to be addressed at present is to build models and tools for estimating the influence of RES on the market value of electricity in Ukraine taking into account the applicable legislation requirements, technological limitations of RES functioning and processes in the electricity market.

The share of RES in electricity generation in Ukraine have increased from 3.4% in 2019 to 7.9% for the three quarters of 2020. At the same time, the share of provision by coal-fired TPPs and CHPs have decreased from 37% in 2019 to 32.4% for three quarters of 2020. In spite of a number of advantages, the increase in the share of RES in the balance of IPS capacities in Ukraine has exacerbated a number of both technological and financial problems. Technological problems include the regulation of the IPS in Ukraine under the conditions of the increased share of RES, which are characterized by unregulated poorly predicted change in the levels of electricity production. At the same time, the increase of requirements for the volume of reserves for the regulation of IPS regimes in Ukraine applies not only to the operational frequency regulation for the ancillary services market (ASM), but also to balancing

electricity production/consumption in the balancing market (BM).

The influence of RES on pricing processes is more ambiguous. The increase in the volume of electricity from RES stations mandatory for sale results in the displacement of the most expensive coal-fired power plants and in lower prices on a day-ahead market (DAM). The decreased prices in the DAM segment, in turn, stimulate the decrease in BM prices. In contrast, the increased share of RES in Ukraine's IPS results in an increase in the volume and cost of both ancillary services and imbalances. The increase in the volume of provisions for the needs of DAM and BM causes a reduction in the available supply in the DAM segment and as a result overall increase in prices in this market segment.

The biggest economic problem of increasing the share of RES in the structure of production capacities of the IPS in Ukraine became the problem of payments for electricity supplied by RES at preferential feed-in tariffs. Thus, with the introduction of a liberalized model of the electricity market in Ukraine in the summer of 2019, the compensation of tariffs for electricity supplied by RES was actually carried out at the expense of hydro and nuclear power plants (HPPs and NPPs). Accordingly, the GB purchased electricity from HPPs and NPPs at fixed low prices at specialized auctions of the market of bilateral contracts and resold the purchased volumes in the DAM segment at market prices. The benefit was used to compensate for feed-in and other preferential tariffs. However, this source of preferential tariff coverage has been exhausted due to the inter-related significant increase in electricity demand to compensate for preferential tariffs and a significant drop in prices in the DAM segment. At the same time, the tariff of a Transmission System Operator does not provide for a sufficient share of funds to cover all costs, which has resulted in the accumulation of debts of the Transmission System Operator to the GB in 2020. For the GB, in turn, debts to HPPs, NPPs and RES producers have accumulated. The permission granted to the GB in the fall of 2020 to sell the forecast volumes of electricity from RES stations somewhat reduces the problem of working capital lack, but does not solve the problem of debt accumulation in general. In this case, in order to determine the amount of coverage of preferential tariffs for RES producers from the tariff of the Transmission System Operator, it is necessary, in turn, to forecast the amount of funds to be covered by the resources

provided to the Guaranteed Buyer. Thus, in order to make economically sound management decisions, it is necessary to develop tools for forecasting electricity supply by RES stations and modeling pricing functions in market segments to simulate the actions of the Guaranteed Buyer in market segments and calculate the economic results of such actions.

Analysis of Recent Sources of Research and Publications. At present, the world has accumulated considerable experience in modeling electricity markets, theoretical and practical methods for solving problems of modeling the electricity market are being developed, research on the organization and functioning of new models of electricity markets, for example, [5,6] is being carried out. It should be noted that the scientific and practical principles of introduction of different components of the liberalized electricity market [7-12] created in Ukraine, developed methods and models for solving problems of optimizing operation of power systems, providing ancillary services [13] in the market conditions, forecasting of prices, and forecasting of electricity supply by RES producers [14, 15] do not completely solve the problems of complex modeling of this market, in particular work of the GB as a party responsible for the balances of RES producers, which does not allow to perform accurate calculations of prices and electricity purchase and sale volumes in all market segments and prices for the final consumer.

Purpose and Objectives of Research are to determine the basic requirements and architecture of tools of comprehensive estimation of the influence of electricity production by RES stations on the components of the cost of electricity for the final consumer.

Formulation of the Problem. In order to adequately estimate the amount of resources required for tariffs for RES

electricity producers to be covered, it is necessary to solve the following main tasks:

- developing methods and tools for forecasting the supply of electricity by RES stations and estimating the volume of imbalances allowed;
- developing methods and tools for estimating the influence of electricity supply from RES stations on the cost of electricity in organized market segments and on the tariff for the final buyer.

The influence of RES electricity producing plants on prices and tariffs should be determined by a comparative analysis of the results of the functioning of the electricity market of Ukraine without and with participation of such production facilities. Comparisons of options with different volumes of electricity production by RES facilities should be made using the values of electricity costs calculated for these options for the final consumer.

In order to determine the basic requirements for the structure and tools of calculating prices and tariffs, the features of interaction of the GB with other participants in the electricity market have to be considered (Fig. 1).

The Guaranteed Buyer receives from the RES production stations the forecasts of electricity production based on which it generates the aggregate schedule of the offer on the DAM. Further the Guaranteed Buyer buys/sells electricity on the intraday market (IDM) for the purpose of reducing imbalances. Based on the results of the BM operation, imbalance prices are formed and the Settlement Operator generates an invoice for the payment of imbalance prices for the GB balancing group. Based on the results of financial calculations, the GB pays the cost of electricity supplied to RES stations.

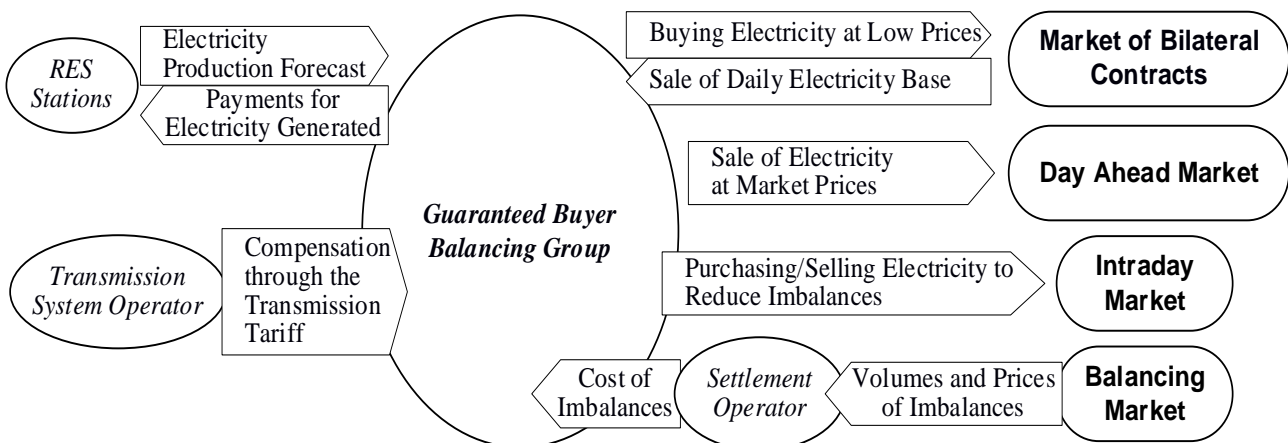


Fig. 1 The main components of the Guaranteed Buyer’s interaction with other participants in the electricity market

Thus, for modeling aimed at estimating the economic consequences of the GB’s activities in the electricity market, it is necessary to implement the following main components of the software tools:

- tools for forecasting electricity supply by RES stations for different time intervals;
- tools for simulation modeling of pricing processes in individual market segments to estimate the influence of RES on the cost of electricity;

– tools for simulation of individual functions of the business model of the Guaranteed Buyer for calculations of electricity cost for the final consumer.

Fundamentals of simulation modeling system architecture. The calculations of the influence of individual influence factors of RES stations on prices in market segments are based on the interaction of software tools for the forecasting RES electricity production and software tools for modeling pricing functions in segments of the electricity market of Ukraine (Fig. 2).

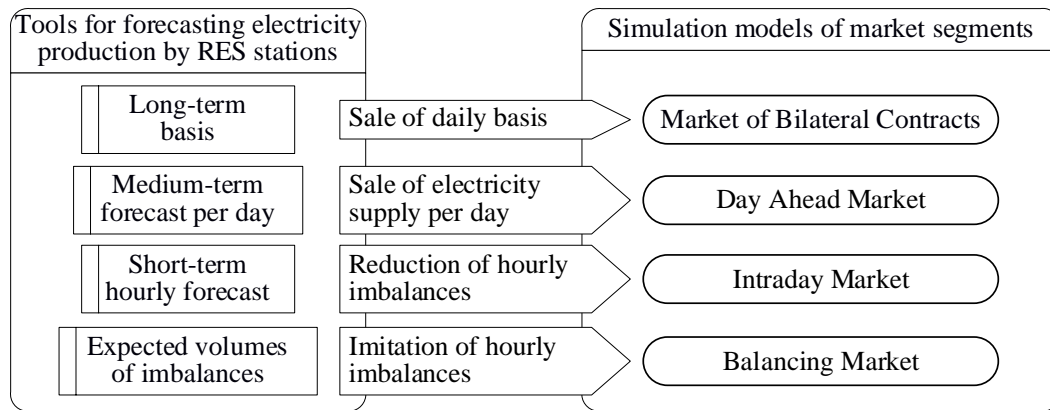


Fig. 2 The main functions of calculating the components of the electricity cost

Forecasting tools calculate the volume of electricity production by RES stations for different periods of time for use by appropriate models of simulation of pricing functions of individual market segments. Thus, the long-term forecast per month is used to model the transaction of sale of the basic level of electricity supply in the segment of bilateral contracts. The medium-term forecast for a few days in advance is used to form a daily schedule of hourly volumes of electricity supply in order to simulate the pricing functions in the DAM segment. The short-term forecast of hourly volumes of electricity supply by RES stations a few hours before the hour of sale is used to estimate the

feasibility of reducing imbalances by purchasing/selling electricity at intraday auctions. Finally, based on the results of solving forecasting problems, the quality of forecasts is estimated, confidence intervals are determined and probable volumes of imbalances are calculated for simulation modeling of pricing functions in the balancing market.

The results of price calculations in individual market segments are used to solve a number of problems, for example, estimating the influence of electricity production by RES stations on the market component of electricity cost, or calculating the amount of additional funds needed to settle with producers at reduced tariffs (Fig. 3).

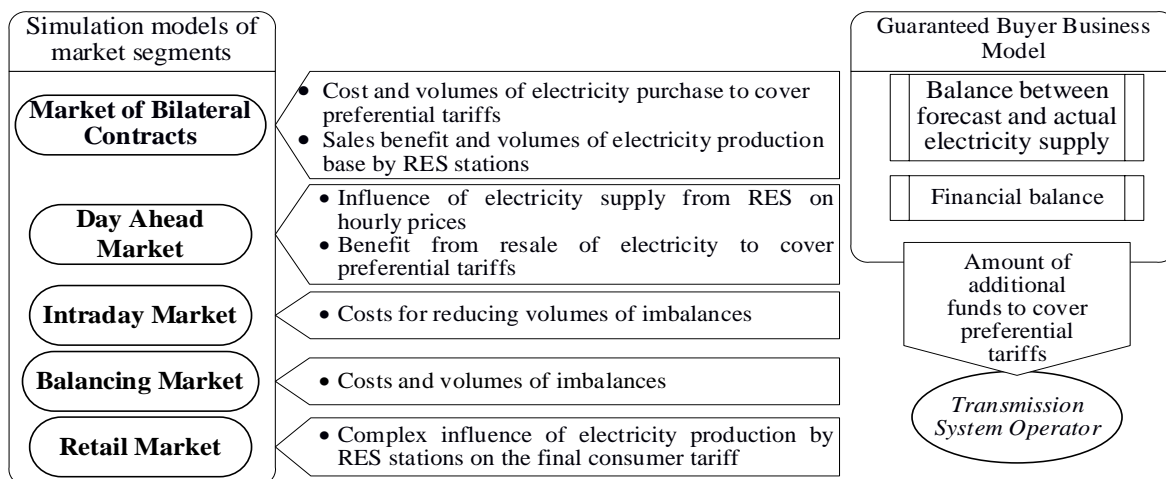


Fig. 3. The main functions of estimating the RES influence on the cost of electricity

A separate software unit uses the tools of simulation modeling of pricing functions of individual segments of the electricity market in order to generate a balance of purchase/sale of electricity. Taking into account the results of the GB operation, the balance of purchase/sale of electricity is generated, which corresponds to the balance of electricity production/consumption. The received balance is used to generate an economic balance. Volumes of the received economic balance (or volumes of economic imbalance) represent numerous decisions of the set tasks, as consequences of realization of individual functions of the GP business model.

Conclusions. Analysis of the organization of the electricity market functioning and the interaction of the GB with other market participants demonstrated that in general the GB mechanism implements government obligations to

investors in feed-in energy and effectively plays the role of a party responsible for imbalances of RES producers. According to the results of the analysis of the components of influence of the RES proposal on the pricing processes, the complex and ambiguous nature of this influence is noted. From the list of methods for solving the problems associated with increase in the share of RES, the need to analyze the components of influence of supply by RES stations on the market price of electricity is highlighted and the basics of the simulation modeling system architecture, as well as the main functions of calculating the electricity cost components are identified, and their practical implementation will allow for creating the effective tooling to prepare sound management decisions for addressing problems related to the progression of RES problems.

REFERENCES

1. On Electricity Market: The Law of Ukraine. 13.04.2017 No 2019-VIII.
2. Ivanov H., Blinov I., Parus Ye. Simulation Model of New Electricity Market in Ukraine// 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2019. Pp. 339-342
3. On Alternative Energy Sources: The Law of Ukraine. 20.02.2003. № 555- IV.
4. Ivanov H.A., Blinov I.V., Parus E.V., Miroshnyk V.O. Components of model for analysis of influence of renewables on the electricity market price in Ukraine. Technical Electrodynamics, 2020, No 4, Pp. 72-75
5. Lin J., Magnago F. Electricity Markets: Theories and Applications// IEEE Press Series on Power. 2017. p.p. 352
6. Momoh J., Mili L. Economic Market Design and Planning for Electric Power Systems// Istitute of Electrical and Electronics Engineers. 2009. p.p. 277. DOI:10.1002/9780470529164
7. Kyrylenko O.V., Blinov I.V., Parus E.V., Ivanov G.A. Simulation model of the day-ahead electricity market with implicit consideration of network limitations of energy systems. *Tekhnichna elektrodynamika*. 2019. No 5. Pp. 60-67. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2019.05.060>
8. Blinov I.V., Parus E.V. Congestion management and minimization of price difference between coupled electricity markets. *Tekhnichna elektrodynamika*. 2015. No 5. Pp. 81 – 88. (Ukr)
9. Saukh S.; Borysenko A. Representation of Transmission and Distribution Networks in the Mathematical Model of the Electricity Market Equilibrium// 2019 IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). 2019. doi: 10.1109/CPEE47179.2019.8949116
10. Zamulko A.; Veremiichuk Y; Mahnitko A. Assessment of potential electricity demand aggregation at ukrainian electricity market //IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). 2020. DOI: 10.1109/ESS50319.2020.9160194
11. Zhuikov V, Pichkalov I, Boyko I, Blinov I. Price formation in the energy markets of Ukraine// IEEE. Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2015 IEEE 35th International Conference on. DOI: 10.1109/ELNANO.2015.7146953
12. Ostapchenko K.B., Lisovychenko O.I., Borukaiev Z.Kh. Regulatory Mechanism Model to Stimulate Companies in the Single Buyer Wholesale Market// *Elektron. model*. 2019. 41(6):37-48
13. Blinov I., Parus E. Approach of Reactive Power Pricing for Ancillary Service of Voltage Control in Ukraine. *Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2014 IEEE International Conference on*. 2014. P. 145 – 148.
14. Blinov I.V., Miroshnyk V.O., Shimanyuk P.V. Short-term interval forecast of the total supply of electricity by producers from renewable energy sources. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*. 2019. Issue 54. Pp. 5-12. (Ukr)
15. Kulyk M., Zgurovets O. Modeling of Power Systems with Wind, Solar Power Plants and Energy Storage. Part of the Studies in Systems, Decision and Control book series (SSDC, volume 298), 2020. p. 231-245. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48583-2_15

Проектування конструкції дорожнього одягу для перевезення великовагових та великогабаритних вантажів дорогами України

О. В. Кушнір, І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський, Ю. М. Клімов

Національний транспортний університет,
Corresponding author. E-mail: kushniral@roadipt.com

Paper received 22.10.20; Accepted for publication 12.11.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-13>

Анотація. Зважаючи на необхідність перевезень різного роду спеціальної, будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, великих цистерн, промислового обладнання тощо, транспортування великовагових негабаритних вантажів в останні роки зростає. Специфіка негабаритних та великовагових перевезень полягає в багатьох моментах, без урахування яких своєчасна та безпечна доставка вантажу до місця призначення не можлива. Важливим моментом (елементом) таких перевезень є врахування міцності та несної здатності мостів і дорожньої конструкції (дорожнього одягу) та вибір відповідного спеціалізованого рухомого складу. У даній статті розкриваються наступні аспекти даної теми: визначення основних понять, нормативні обмеження, особливості підготовки і процесу транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів, вибір маршруту, правила перевезення вантажу автомобільним транспортом, а також документальне оформлення вантажоперевезень. Варто відзначити, що спеціальної літератури з теорії, пов'язаної з даною темою, недостатньо. У статті наведено власний досвід авторів, щодо вирішення таких задач на об'єктах транспортної інфраструктури в Україні, з урахуванням практичного матеріалу, та інформації, доступної на сторінках транспортних компаній. Оскільки вимоги до перевезень постійно доповнюються і змінюються, ці джерела є корисними при аналізі інформації, пов'язаної з перевезенням негабаритного і великовагового вантажу.

Ключові слова: автомобільна дорога, перевезення, великогабаритні та особливо важкі вантажі, конструкція дорожнього одягу, несна здатність.

Вступ. В Україні останні 15 років перевезення вантажів автомобільним транспортом є найбільш затребуваними. Причин на те існує кілька, але основні – доступність і універсальність наземного транспорту. Динаміку розвитку транспортних перевезень важко не помітити [1].

В Україні, як і на автомобільних дорогах більшості країн світу, є обмеження за масою та розмірам транспортних засобів (ТЗ) що по ним рухається. Наприклад, в Україні, як і багатьох країнах СНД більшість мостів і шляхопроводів були побудовані близько 50 років тому. Транспортні споруди (мости, шляхопроводи, дороги) недостатньо міцні для ряду сучасних транспортних засобів, особливо великовагових і здатні гарантовано витримувати тільки транспорт масою до 40 ... 80 тонн [2]. Теж саме стосується і підмостового габариту, ширини смуг руху, ухилів і радіусів заокруглення переважної кількості автомобільних доріг. А значить, доставляти негабаритний особливо важкий вантаж необхідно з урахуванням експлуатаційно-технічних характеристик транспортних споруд.

Зважаючи на необхідність перевезень різного роду спеціальної, будівельної, сільськогосподарської та іншої техніки, великих цистерн, промислового обладнання та інших негабаритних великовагових вантажів, транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів постійно зростає (рис. 1) [3, 4]. В той же час це складний вид автомобільних перевезень, який вимагає особливого поводження з вантажем і контролю на кожному етапі транспортування.

У різних країнах діють різні обмеження на загальну масу, навантаження на осі ТЗ та габарити (висоту і ширину вантажу), що перевозиться по дорогах. Наприклад, у Франції без отримання спеціальних дозволів можна перевозити вантаж шириною до 2,55(2,60) метрів і висотою до 4,00(4,30) метра. В іншому випадку, потрібно замовляти супровід і платити за нього та спецдозвіл. В той же час, у Німеччині максимальна висота переміщуваного вантажу не повинна перевищувати 4 метри 50 сантиметрів. Якщо об'єкт вище навіть на сантиметр,

також необхідне оформлення дозволу, на узгодження якого, інколи, може піти досить багато часу.

Максимальні габарити та вага транспортних засобів для перевезень у межах ЄС встановлюються директивою Європейської Співдружності (ЄС) 2015/719 від 29 квітня 2015 року (Табл. 1).

В той же час, максимальна вага транспортних засобів (навантаження на вісь) розроблені та затверджені в Португалії відрізняються, їх представлено в таблиці 2. Доречі, такими показниками навантажень на вісь автомобіля керується Світовий Банк реконструкції та розвитку в програмі HDM IV.

За дослідженнями Світового банку щорічні втрати ВВП країни внаслідок незадовільного стану автомобільних доріг складають 3-4% ВВП. Понад 90% автомобільних доріг в Україні потребують виконання ремонтно-будівельних робіт, а близько 74% автомобільних доріг були збудовані під розрахункові навантаження на вісь – 6 тонн (30 kN) та загальною вагою не більше – 24 тон. [5]. Наприклад, у Польщі, Німеччині, Франції норма за загальною масою транспортного засобу складає - 40 тону, а в Іспанії та Греції - 38 тону.

Відповідно до вимог чинного законодавства в Україні забороняється проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів без дозволу на участь у дорожньому русі транспортних засобів, вагові або габаритні параметри яких перевищують нормативні, виданого перевізникові уповноваженим підрозділом Національної поліції, або документа про внесення плати за проїзд таких транспортних засобів. На сьогоднішній день в Україні порядок руху таких ТЗ автомобільними дорогами загального користування регулюється Законами України «Про дорожній рух» та «Про автомобільні дороги», постановами Кабінету Міністрів України від 27.06.2007р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг загального користування» та від 18.01.2001р. № 30 «Правила проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» [3].



Рис. 1. Транспортування великогабаритних та особливо важких вантажів [3].

а - перевезення мостової конструкції; б - перевезення гусеничного екскаватору; в - перевезення сільськогосподарської техніки; г - перевезення лопатей вітрогенераторів.

Таблиця 1 – Допустимі осові навантаження прийняті в ЄС

Тип транспортного засобу	Максимальне навантаження на вісь, kN					
	1 вісь	2 вісь	3 вісь	4 вісь	5 вісь	6 вісь
F1	65	115				
F2	70	95	95			
F3	95	95	115			
F4	95	95	95	95		
G1	65	115	100	100		
G2	65	115	100	100	100	
G3	70	100	100	100	100	
H1	100	115	100			
H2	30	95	95	100		
H3	65	115	100	100		
H4	50	95	95	100	100	
H5	45	115	80	80	80	
H6	50	95	95	80	80	80
I1	65	115				
I2	85	115	85			

Таблиця 2 – Допустимі маси і осові навантаження, прийняті в Португалії

Тип транспортного засобу	Максимальне навантаження на вісь, kN					
	1 вісь	2 вісь	3 вісь	4 вісь	5 вісь	6 вісь
F1	65	115				
F2	75	100	100			
F3	100	100	120			
F4	100	100	100	100		
G1	75	120	80	80		
G2	75	120	80	80	80	
G3	75	100	100	80	80	
H1	75	120	100			
H2	75	100	100	100		
H3	75	120	100	100		
H4	100	100	100	100		
H5	75	120	80	80	80	
H6	75	100	100	80	80	80
I1	75	120				
I2	75	100	100			

Транспортний засіб чи автопоїзд з вантажем або без вантажу вважається великогабаритним або великоваговим, якщо його габарити, максимальна або осьова маси перевищують хоча б один з параметрів, зазначених у пункті 22.5 Правил дорожнього руху, затверджених постановою КМУ від 101.10.2001р. №1306, зокрема [3]:

- за шириною 2,6 м, за висотою від поверхні дороги – 4 м (для контейнеровозів на встановлених Укравтодором і Національною поліцією маршрутах – 4,35 м);

- за довжиною – 22 м (для маршрутних транспортних засобів – 25 м);

- фактичну масу понад 40 т (для контейнеровозів – понад 44 т, на встановлених Укравтодором і Національною поліцією для них маршрутах – до 46 т);

- навантаження на одиночну вісь – 11 т (для автобусів, тролейбусів – 11,5 т), здвоєні осі – 16 т, строєні – 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь – 11 т, здвоєні осі – 18 т, строєні – 24 т) або якщо вантаж виступає за задній габарит транспортного засобу більш як на 2 м.

Осі слід вважати здвоєними або строєними, якщо відстань між ними (суміжними) не перевищує 2,5 м.

Проте, у разі перевезення подільних вантажів (пісок, щебінь, зерно, бетон, бензин і т. ін.) рух транспортних засобів та їх складів з вищезазначеними навантаженнями автошляхами загального користування забороняється.

Окрім того, автомобільними дорогами загального користування місцевого значення забороняється рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 7 т або фактичною масою понад 24 т.

Законодавством допускається перевищення вищезазначених вагових параметрів на 2 відсотки (величина похибки) без оформлення відповідного дозволу та внесення плати за проїзд.

Підставою для видачі уповноваженим підрозділом Національної поліції такого дозволу на рух є погодження маршруту великовагових та великогабаритних транспортних засобів – документ, що видається дорожніми, комунальними, залізничними та іншими підприємствами і організаціями, який підтверджує можливість безпечного проїзду маршрутом. Маршрут великогабаритних та великовагових транспортних засобів, що проходить автомобільними дорогами загального користування державного значення кількох областей, потрібно погодити з Державним агентством автомобільних доріг України (Укравтодор).

Отримавши погодження маршруту великовагових та великогабаритних транспортних засобів перевізник або уповноважена ним особа повинна звернутись до уповноваженого підрозділу Національної поліції (через центр надання адміністративних послуг), подавши відповідні документи.

Однак трапляються непоодинокі випадки незаконного перевезення великогабаритних та особливо важких вантажів без оформлення погодження та дозволів [6]. перевізники формують маршрути в обхід магістралей, що мають певні габаритні обмеження або швидкісні мінімуми. Але це швидше виключення з правил, яке часто призводить до збільшення довжини шляху і вимагає відповідного знання дорожніх правил та інфраструктури країни, по якій здійснюється перевезення.

Недостатність заходів щодо контролю перевезень і корупція призвели до того що, в Україні набуло значних розмірів таке явище, як умисне «перенавантаження вантажівок». Причини і наслідки цього процесу уже відомі. Економія перевізників на кількості транспортних засобів на одиницю товару, призводить до швидкого руйнування транспортних споруд – доріг, шляхопроводів та мостів.

За оцінками фахівців: «Рух перевантажених вантажівок по дорогах країни, щорічно коштує дорожньому господарству два мільярди гривень».

Постановка проблеми. Для будівництва та експлуатації знакових промислових об'єктів необхідно забезпечувати доставку особливо важких вантажів по автомобільним дорогам. У першу чергу це відноситься до об'єктів енергетичної та хімічної промисловості, на які доводиться доставляти вантажі масою від 300-400 т (трансформатори гідроелектростанцій) до 600 т і більше (колони синтезу).

Значна частка будівництва гідравлічних електростанцій припадає на багаті водними ресурсами райони країни. Доставка особливо важких вантажів в цих районах можлива лише по автомобільних дорогах. Обсяг перевезень таких вантажів автомобільними дорогами безперервно зростає. Перевезення здійснюються на спеціальних транспортних засобах заводського (рис. 3) і індивідуального виготовлення, які суттєво впливають на дорогу і штучні споруди. Однак проектування і будівництво автомобільних доріг ведеться без урахування перевезення по ним особливо важких вантажів. Облік цих перевезень повинен поширюватися, звичайно, лише на ті дороги або їх ділянки, по яких відповідно до планів розвитку промисловості вони будуть здійснюватися.

Тому ще на стадії обґрунтування будівництва дороги необхідно з'ясувати, які об'єкти промисловості та енергетики намічається будувати, що тягнуть до проектуваної дороги району, і при необхідності врахувати в проекті специфічні умови перевезення особливо важких вантажів [7]. В цьому випадку відпадає необхідність виконання трудомістких і дорогих робіт, пов'язаних з пристосуванням побудованої дороги до умов перевезення важких вантажів [7].

Виклад основних результатів. В якості прикладу можна навести дані про додаткові роботи, які необхідно було виконати на ділянці довжиною 80-кілометрів діючої автомобільної дороги від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, в ході реалізації програми підготовки станції до вводу в експлуатацію, для забезпечення перевезення трансформаторів масою 308 т (маса трейлера з вантажем 408 т) на будівництво ГАЕС (рис. 4).

Ця ділянка дороги проходить у вузькій ущелині річки, що виключає влаштування тимчасових об'їздів. Маршрут руху великогабаритних та негабаритних конструкцій від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС представлений на рис. 2 проходить по трьох автомобільних дорогах: Т-02-11 Вербовець – Надністрияськ – Білоусівка, Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данківці) Вартиківці та Т-25-64 Новодністровськ – Ожеве – Василівка – Сокиряни.

Важливо зазначити дві важливі обставини. По-перше, терміни доставки трансформаторів на будь-яку споруджувану гідроелектростанцію призначаються відповідно

до черговості введення агрегатів і планом постачання трансформаторів з заводу-виробника (ці строки обчис-

люються роками).

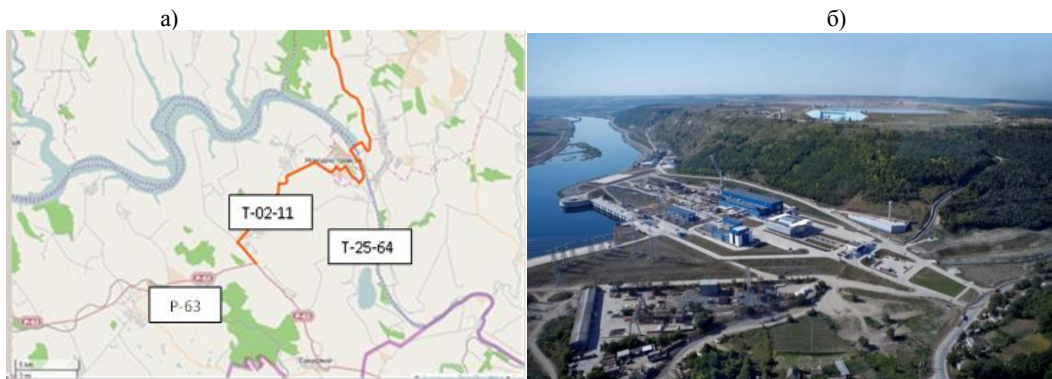


Рис. 4. Ділянка автомобільної дороги від залізничної станції м. Сокиряни до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, де а - схема маршруту руху автомобілів від м. Сокиряни до Дністровської ГАЕС; б - загальний вид Дністровської ГАЕС

По-друге, у період експлуатації ГАЕС дорога і штучні споруди повинні забезпечувати проїзд трейлерного потягу у разі необхідності заміни трансформаторів, що вийшли з ладу. Отже, посилення штучних споруд та дорожні роботи не є тимчасовими заходами і повинні забезпечувати роботу споруд як постійних.

На ділянці дороги протяжністю 80 км потрібно було посилити конструкції існуючого дорожнього одягу та збудувати новий дорожній одяг починаючи з земляного полотна. Таку роботу було не можливо виконати без детального обстеження цих доріг. Тому роботи виконували в чотири етапи:

- виконання обстежень;
- оцінка техніко-експлуатаційного стану (ТЕС) покриття;
- виконання розрахунків;
- будівництво.

Всі ці роботи, виконували без тривалих перерв інтенсивного руху автомобілів і рейсових автобусів. Обстеження, конструювання та розрахунки конструкцій дорожнього одягу виконували в межах спільної роботи ДП «ДерждорНД» і Національного транспортного університету (НТУ) на замовлення ТОВ "Енергетично-дорожнє будівництво"(Підрядника) та Укргідропроєкт (Генпроектувальника).

За результатами візуального обстеження стану автомобільних доріг за напрямком від залізничної станції м. Сокиряни через м. Новодністровськ до будівельного майданчика Дністровської ГАЕС, вимірювання модулів пружності дорожнього одягу та закладання шурфів для визначення конструкції дорожнього одягу було зроблено такі висновки:

Обстежені ділянки автомобільних доріг:

- Т-02-11 Вербовець - Надністрянськ - Білоусівка, км 21+970 - км 35+327;
- Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данківці) Вартиківці з км 74+700 - км 81+622;
- Т-25-64 Новодністровськ - Ожеве - Василівка - Сокиряни, км 0+000 - км 0+835.

З них дві дороги – територіальні, одна – регіональна, відносяться до III-IV категорії. Навантаження на одну чинну найбільш навантажену вісь двовісного автомобіля для розрахунку міцності приймають 100 кН. Ширина проїзної частини – 6 м. Ширина смуги руху – 3 м. Проїзна частина має двоххилий поперечний профіль.

За результатами візуального обстеження виявлені такі дефекти покриття, як сітка тріщин, часті тріщини та вибоїни. Проведений ямковий ремонт вибоїн, місцями поточний ремонт – поверхнева обробка покриття. Ступінь ураження вказаними дефектами місцями до 20 % площі покриття.

Вказані руйнування викликані тривалою експлуатацією без відповідного утримання і ремонту та низькими властивостями матеріалів шарів дорожнього одягу, особливо це стосується матеріалів шарів основи – щебеново-піщана суміш та щебінь з просоченням.

Протяжність найбільш уражених дефектами ділянок по трьох обстежених дорогах за напрямком руху від ст. Сокиряни до Дністровської ГАЕС складає близько 3,5 км.

Експлуатаційне утримання та ремонт цементобетонного покриття автодоріг Дністровської ГАЕС проводилось в мінімальних обсягах. За період експлуатації цементобетонне покриття зазнало значних пошкоджень у вигляді тріщин, лущення, сколювань, вибоїн. Зростання інтенсивності руху великовантажних автомобілів, пов'язане із реконструкцією ГАЕС, призвело до збільшення площі деформацій та руйнувань цементобетонного покриття.

Товщина цементобетонних плит складала 23 см - 26 см, ступінь руйнування від 10 % до 50 % площі поверхні цементобетонних плит, місцями - більше 50 %. В залежності від рівня руйнувань цементобетонних плит та конструкції дорожнього одягу виділені характерні ділянки та надані вихідні дані для розрахунку конструкцій дорожнього одягу.

Основні дефекти - тріщини (поздовжні та поперечні), сітка тріщин, лущення, сколювання, раковини та вибоїни, викришування. Ширина розкриття тріщин місцями більше 5 см, розмір окремих вибоїн більше ніж 10 см в ширину та глибину.

Найчастіше спостерігаються поздовжні тріщини (рис. 3а), які при дії руху перевантажених ТЗ призводять до утворення блочних тріщин (рис. 3б). Відсутність догляду за покриттям (заливка тріщин) призводить до проникнення поверхневих вод в основу дорожнього одягу, перезволоження ґрунту земляного полотна, зменшення його модуля пружності і як наслідок до втрати несної здатності покриття. В результаті виникають сітка тріщин та проломи (рис. 3в), які при подальшій експлуатації

призводять до викришування, вибоїн, вносу матеріалу

та руйнування більше 75% площі плит (рис. 3г).



Рис. 3. Етапи розвитку руйнувань жорсткого цементобетонного дорожнього покриття, де а - поздовжні тріщини, що переходять у вибоїни; б - блочні тріщини; в - сітка тріщин, проломи ц/б плити; г - викришування, вибоїни, руйнування більше 75% площі плит

Особливо значні руйнування виявлені в місцях, де виконувались роботи при будівництві верхньої водойми ГАЕС.

Цементобетонні плити залишаються в основному монолітними, під час обстеження не виявлено уступів між плитами.

Значення показників міцності цементобетонного покриття, визначено за допомогою склерометра фірми Controls. Щільність розподілу міцності бетону за усіченим нормальним законом Гауса та схема визначення розрахункового значення міцності бетону із забезпеченістю 95% наведена на рис. 4.

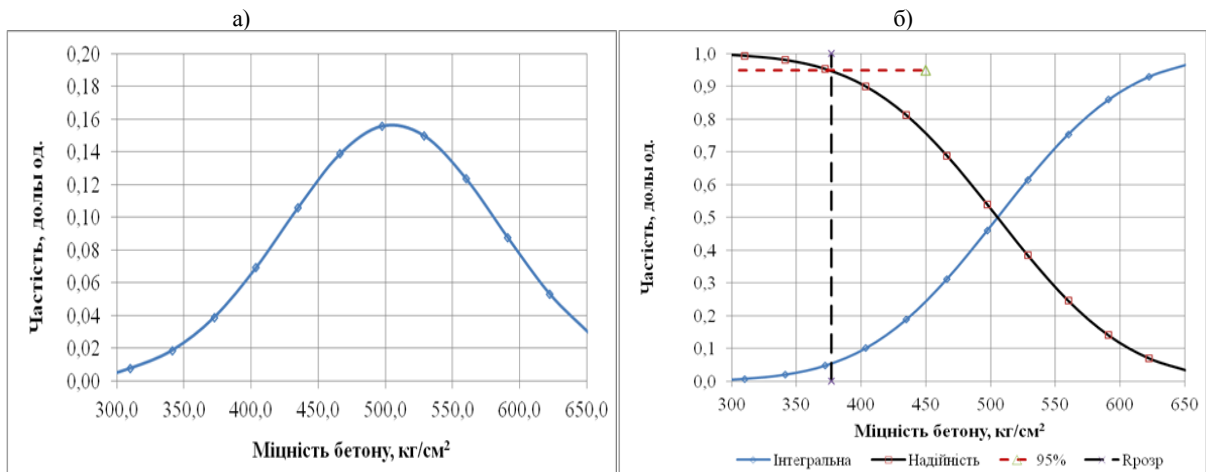


Рис. 4. Результати статистичної обробки міцності бетону за усіченим нормальним законом, де а - щільність розподілу; б - функція нормального розподілу та крива надійності

Відповідно розрахункова міцність бетону покриття автодороги з врахуванням фактичної неоднорідності складає

$$R_{розр} = R_{ср} \cdot (1 - \theta \cdot C_v) = 479,17 (1 - 1,64 \cdot 13,024) = 378,7 \text{ кгс/см}^2.$$

Марка бетону з врахуванням розкиду даних М350. Розрахунковий клас міцності цементобетону В 27,5. Розрахункова міцність цементобетону автодороги інших ділянок - 461,6 кгс/см², 377,3 кгс/см². Більші значення розрахункової міцності можна пояснити меншим рівнем транспортного навантаження - в

період будівництва верхньої водоїми рух великовантажних автомобілів по цій дорозі не відбувається.

Модуль пружності дорожнього одягу, що вимірювався на найбільш уражених дефектами ділянках складає:

- на ділянці км 21+970 - км 35+327 автомобільної дороги Т-02-11 Вербовець - Надністрянськ - Білоусівка в середньому 174 МПа;

- на ділянці км 74+700 – км 81+182 а/д Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данкивці) Вартиківці в місцях, уражених дефектами – в середньому 137 МПа, в місцях без дефектів – 320 МПа;

- на ділянці км 0+371 – км 0+835 автомобільної дороги Т-25-64 Ново-дністровськ - Ожеве-Василівка - Сокиряни в межах м. Новодністровськ в місцях, уражених дефектами –144 МПа, в місцях без дефектів – 276 МПа.

Конструкція дорожнього одягу територіальних доріг Т-02-11 і Т-25-64 має сумарну товщину шарів від 16 см до 27 см, з них асфальтобетонне покриття – 4 см, поверхнева обробка – 2 см.

Конструкція дорожнього одягу регіональної дороги Р-63 від автомобільної дороги Н-03 (Данкивці) Вартиківці

має сумарну товщину шарів 22 см, з них шар основи з бітумомінеральної суміші 6 см, асфальтобетонне покриття – 4 см, поверхнева обробка – 2 см.

Поверхневий водовідвід на обстежених дорогах місцями не забезпечений, поздовжні канами не мають необхідного поздовжнього похилу, не очищені від рослин. На ділянці автомобільної дороги Т-02-11 в с. Білоусівка відмічено близьке стояння ґрунтових вод.

За результатами обстежень та польових вимірювань конструкція дорожнього одягу вищевказаних ділянок автомобільних доріг не забезпечує мінімально допустимого коефіцієнту міцності $K_{мц}$, який дорожній одяг повинен мати до кінця служби дорожнього одягу.

Згідно з табл. 3.7 ВБН В.2.3-218-186 [8] потрібний модуль пружності для доріг III категорії складає 190 МПа - 225 МПа, в залежності від конструкції дорожнього одягу. Згідно з результатами польових вимірювань фактичний модуль пружності на ділянках, уражених дефектами складає в середньому 150 МПа (рис. 5).



Рис. 5. Модулі пружності дорожнього одягу ділянок автомобільних доріг за напрямком руху від ст. Сокиряни через м. Новодністровськ до Дністровської ГАЕС

З урахуванням коефіцієнту надійності для доріг III - IV категорії – 0,85 згідно з рис. 3.1 ВБН В.2.3-218-186 значення модулів пружності зменшуються.

За результатами вимірювань міцність дорожнього одягу обстежених ділянок та стан покриття не задовольняли транспортно-експлуатаційним вимогам, дорожній одяг потребував посилення. Згідно з 2.8.16 ВБН В.2.3-218-186 [8] коефіцієнт міцності складає 0,8 (така вимога відсутня в нормах [9]).

Інтенсивність руху автомобільного транспорту по автомобільних дорогах характеризувалася незначною інтенсивністю з навантаженням на вісь 10,0 тс (100 кН).

В період будівництва Дністровської ГАЕС характер руху по обстеженим автомобільним дорогам змінюється кардинальним чином і характеризується проїздом технологічного транспорту та надважких автомобілів, які перевозять технологічне обладнання.

Вказані ділянки обстежених автомобільних доріг із значними руйнуваннями та низьким $K_{мц}$ не забезпечували необхідної несної здатності при розрахунковому навантаженні 100 кН.

За результатами проведеного обстеження виконували аналіз і розрахунки. В розрахунок приймалися три варіанти конструкцій дорожнього одягу:

- 1) Конструкції дорожнього одягу з основою із де-структурованого віброрезонансним методом існуючого цементобетонного покриття:
 - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
 - з цементобетонним покриттям.
 - 2) Конструкції дорожнього одягу із збереженням існуючого покриття:
 - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
 - з цементобетонним покриттям;
 - 3) Конструкції дорожнього одягу для нового будівництва:
 - з асфальтобетонним покриттям з основою із пісного бетону або чорного щебеню;
 - з цементобетонним покриттям.
- Найбільшим оптимальним варіантом вважалися конструкція дорожнього одягу з трьома шарами асфальтобетонного покриття, в основі - вирівнюючий (тріщино-

перериваючий) шар із чорного щебеню поверх існуючого цементобетонного покриття.

За розрахунком товщина шарів залежить від стану та міцності існуючого цементобетонного покриття (табл. 3) [8].

Таблиця 3 – Розрахунок модуля модуля пружності на ділянках посилення з врахуванням наявності тріщин

№ п/п	Ділянка автомобільної дороги	Модуль пружності для розрахунку на зсув, МПа	Коефіцієнт зменшення модуля, Кзм	Модуль пружності з врахуванням наявності тріщин, МПа
1	Автодорога навкруги верхньої водойми			
	ПК 0 – ПК 20 - руйнування середнього ступеню (від 20 до 40% площі проїзної частини);	1630	0,369	600
	ПК 21 – ПК 30 – значні руйнування (більше 50% площі);	1445	0,373	540
	ПК 30 – ПК 46 – незначні руйнування (5... 10%);	1745	0,365	640
	ПК 47 – ПК 86 – ґрунтова дорога.			
2	Автодорога вздовж основних споруд ГАЕС (до гідроцеху та МЧС) (на схемі № 3)	1630	0,369	600
3	Автодорога від ГАЕС до верхньої водойми (на схемі № 4)	1320	0,378	500
4	Автодорога від ГЕС-1 до ГАЕС вздовж Дністра			
	Ділянка від ГЕС до ґрунтовки, протяжністю 1,2 км	1500	0,372	560
	Ділянка № 2 – ґрунтова дорога, в процесі будівництва, протяжність 7 км			
	Ділянка № 3 від ґрунтовки до ГАЕС, протяжність 700 м	1640	0,369	600

За результатами розрахунків, згідно [8], модуль пружності на ділянках із зруйнованим покриттям (рівень руйнувань більше 50%) приймали рівним 500 МПа, що в 2 рази більше від значень модуля пружності для віброрезонансного методу. Для ділянок з окремими тріщинами від 10 до 30 % розрахункове значення модуля приймали 600 МПа. При наявності тільки швів без руйнувань (або з окремими тріщинами до 5 % – 10 % руйнувань плит) модуль пружності становить 1600 МПа - 1745 МПа.

В якості вирівнюючого (тріщиноперериваючого) шару рекомендується застосовувати шар основи із чорного щебеню.

За умови забезпечення належного зчеплення між шарами дорожнього одягу застосування тріщиноперериваючих прошарків між жорсткою основою та нежорстким асфальтобетонним покриттям із зернистих матеріалів – чорного щебеню має певні переваги:

- сповільнює утворення відображених тріщин на асфальтобетонному покритті;
- дозволяє дещо зменшити товщину асфальтобетонних шарів, тобто зменшити вартість будівництва;
- шар із чорного щебеню є досить технологічним, влаштовується з обробленого в установці щебеню органічним в'язучим, доставляється автомобілями та розподіляється щебенерозподільником або автогрейдером, що дозволяє вирівнювати шар старого, деформованого цементобетонного покриття;
- в порівнянні з щебеним шаром із необробленого щебеню, шар із чорного щебеню має більший зв'язок між окремими щебінками, що забезпечує меншу деформативність шару основи.

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодороги навкруги верхньої водойми представлено в табл. 4 - 5.

Таблиця 4 – Конструкція дорожнього одягу нежорсткого типу з використанням основи із чорного щебеню поверх існуючого бетонного покриття з руйнуваннями 20-40 %. Ділянка ПК 0 – ПК 20; з руйнуваннями більше 50 %, Ділянка ПК 21 – ПК 30; покриття з руйнуваннями 5 – 10 %. Ділянка ПК 30 – ПК 46.

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа	
			руйнуваннями 20 – 50 %.	руйнуваннями 5 – 10 %.
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	598,6	689,0
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон І марки, тип А з вмістом щебеню 50 % згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	10	519,0	602,8
	Прошарок з геосинтетичного матеріалу з міцністю не менше 50 кН/м згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]			
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон ІІ марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	14	384,9	456,5
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	10	261,2	355,1
	Існуючий дорожній одяг			
5	Цементобетон з руйнуваннями до 30 %.	26	217,5	308,3

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодороги вздовж основних споруд ГАЕС (до гідро цеху та МЧС) та для автодороги від ГАЕС до верхньої водойми Ділянка ПК 0 - ПК 22. ПК 22 - ПК 43. для автодороги від ГЕС-1 до ГАЕС вздовж Дністра (проїзд велико-вагових ТЗ) відповідають варіанту ІІІ г.

Рекомендовані конструкції дорожнього одягу для автодорогі з ґрунтовим покриттям

Автодорога від правобережного устою водовипуску ГАЕС через МЧС до Волошківського яру, автодорога від Волошківського яру до кордону з Молдовою, на ділянках з ґрунтовою конструкцією, автодорога від ни-

жньої водойми до верхньої водойми по Волошківському яру, автодорога від МЧС до НДШ відповідають варіанту таблиці 6.

Таблиця 5 – Конструкція дорожнього одягу з використанням основи із чорного щебеню. ПК 47-ПК 86. (нове будівництво)

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	550,1
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки, тип А з вмістом щебеню 50 % згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	8	455,2
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон II марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	8	313,3
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	12	219,3
5	Щебенево - піщана суміш С 5 фр. 0-70 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [14]	35	149,5
	Геокомпозит (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) або геосинтетична ґратка згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
6	Існуюче покриття - гравійно-піщана суміш		75,7

Таблиця 6 – Конструкція дорожнього одягу для проїзду великовагових ТЗ з використанням основи із чорного щебеню. Ділянка з ґрунтовим покриттям (ПК 0 – ПК 70).

Номер шару	Найменування матеріалу шару	Товщина шару, см	Еквівалентний Епр, МПа
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон (ЩМА-20) на модифікованому бітумі марки БМП 60/90-52 згідно з ДСТУ Б В.2.7-127 [10]	5	550,1
2	Щільний крупнозернистий асфальтобетон I марки, тип А з вмістом щебеню 50% згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	10	455,2
3	Пористий крупнозернистий асфальтобетон II марки згідно з ДСТУ Б В.2.7-119 [11]	18	313,3
4	Чорний щебінь згідно з ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 [13]	20	219,3
5	Щебенево - піщана суміш С 5 фр. 0-70 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-30 [14]	35	149,5
	Геокомпозит (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) або геосинтетична ґратка згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
6	Гравійно-піщана суміш неоптимального складу	50	75,7
	Геосинтетичний розділюючий матеріал згідно з ВБН В.2.3.-218-544 [12]		
7	Суглинок важкий піщанистий		29

Для недопущення залишкових деформацій було рекомендовано виконати армування верхнього шару ПГС геокомпозитом (високоміцна георатка з'єднана із геотекстильним матеріалом) з міцністю на розрив не менше 60 кН/м.) або геосинтетичною ґраткою з міцністю на розрив не менше 42 кН/м (при новому будівництві) [15, 16].

Розрахунок параметрів навантаження від багатовісних автопоїздів (Суперпричепа) виконано за методикою проф. Б.С. Радовського [17] з уточненнями наведеними нижче. Для можливості автоматизованого розрахунку відповідний алгоритм:

1. Вхідна інформація:

1. Sez - сезон року, для якого розраховується тариф:
 - 1 - весна-бездоріжжя; 2 - літо; 3 - весна нерозрахунковий період, осінь; 4 середньорічна
2. Kateg - категорія дороги: 1, 2, 3, 4, 5.
3. Тип ДО - тип дорожнього одягу, 1...4:
 - 1 - капітальна жорстка, 2 - капітальна нежорстка, 3 - полегшена, 4 - перехідна.
4. Rast - довжина ділянки, по якій передбачається перевезення вантажу, [км];
5. G_{sum} - повна маса "Суперпричепа" з вантажем, т;
6. N - кількість осей "Суперпричепа";
7. M - кількість коліс на кожній осі;
8. L_g - габаритна довжина, м;
9. H_g - габаритна ширина, м;
10. $LL(i)$, $i=1 \div N-1$ - відстань між осями, см;
11. $ll(i)$, $i=1 \div M-1$ - відстань між колесами на осі, см;

12. $P_v(N, M)$ - тиск повітря в шині для кожного колеса, МПа;

13. Рівень міцності дорожнього одягу PRDO; 1...5, де 1 - неміцна (міцність занижена на 30%); 2 - ослаблена (заниження міцності на 15%); 3 - середньої міцності (відповідає всім критеріям міцності по ВСН 46-83); 4 - посилена (>15%); 5 - підвищеної міцності;

2. Константи:

1. Параметри розрахункового навантаження, на яку розраховано дорожній одяг, вибираються в залежності від категорії дороги згідно ДБН 2.3-4.
2. kI - коефіцієнт жорсткості шин, $kI=1,0$.
3. k_{dm} - коефіцієнт динамічності, $k_{dm}=1,05 \dots 1,3$ (в залежності від швидкості руху ТЗ).
4. Розраховуються подовжні відстані між осями (колесами). Для першої осі центр координат розташовується в крайній лівій осі. При розгляді наступних осей (колес) центр переноситься в розглянуту вісь (колесо). На напружено-деформований (ПДВ) стан конструкції впливають навантаження осі (колеса), розташовані на відстані не більше 2,5 м. З огляду на те, що відстань між суміжними осями для практично всіх транспортних засобів і причепів не менше 80 см ($2R+\Delta$, де R - радіус колеса, Δ - зазор для забезпечення маневреності) досить розглядати по дві осі в різні сторони від тієї, у якій визначається навантаження з урахуванням впливу суміжних коліс, тобто досить послідовно розглядати п'ятивісні візки. У цьому випадку значення подовжніх координат приведені нижче (табл. 7).

Таблиця 7 – Значення подовжніх координат [18]

Вісь, для якої шукають коефіцієнт приведення	Значення подовжніх відстаней до осі, у якій визначається навантаження з урахуванням впливу суміжних коліс				
1 - перша	L11=0	L12=LL12	L13=LL12+L23	L14= LL12+LL23+LL34	L15=LL12+LL23+LL34+LL45=LL14+LL45
2 - друга	-LL12= -LL12	0	L23=LL23	L24=LL24+LL23+LL34	L25=LL23+LL34+LL45
3 - третя	-L31=-LL12-LL23	-L32=-L23	0	L34=LL34	L35=LL34+LL45
4 - четверта	-L41=-LL12-LL23-LL34	-L42=-LL23-LL34	-L43=-LL34	0	-L45=LL45
5 - п'ята	-L51=-LL12-LL23-LL34-LL45 чи =L52-L12	-LL52=-LL23-LL34-LL45	-L53=LL34-LL45	-L54=-LL45	0

При необхідності можна розглядати 7-ми вісний візок, тоді буде можливість розглядати осі (колеса) на відстані $250 \div (7-1) \approx 40$ см, тобто навіть з аеродромними колесами.

За результатами розрахунку знайдено навантаження на вісь - 151,01 кН, питомий тиск на покриття - 0,77

МПа, діаметр відбитку колеса 53,9 см . Коефіцієнт динамічності 1,1.

Перевезення трансформаторів масою 308 т на будівництво цієї ГАЕС здійснювалася трейлерним поїздом, що складається з трейлера вантажопідйомністю 300 т та тягачів, розташованих згідно (рис. 6, табл. 8 та рис. 7).



Рис. 6. Трейлерний потяг для перевезення негабаритних вантажів

Таблиця 8 – Технічні характеристики трейлерного потягу для перевезення негабаритних вантажів

Вантажопідйомність	300 т
Довжина вантажної площадки	20000 мм
Висота вантажної площадки	1260 мм
Ширина вантажної площадки	3350 мм



Рис. 7. Транспортування турбіни з залізничної станції до Дністровської ГАЕС

Будівництво автодоріг 5 - 8 черг будівництва виконано в 2014 - 2016 рр. силами ТОВ "Енергетично-дорожнє будівництво" (ТОВ «ЕДБ»).

Перевезення трансформаторів на договірній основі здійснювало ТОВ «Чорноморенергоспецмонтаж» (м. Одеса), зазвичай за допомогою тягача Mercedes-Benz SK 3553 та трейлерного потягу торгової марки Scheuerle Euro Combi [19]. Трансформатори завозили до пуску кожного гідроагрегата. Наприклад, пуск третього гідроагрегата Дністровської ГАЕС здійснено у понеділок 21 грудня 2015 року в Новодністровську. Відбувся він у рамках реалізації першої черги будівництва у складі

трьох гідроагрегатів [20]. Крім трансформаторів на кожний гідроагрегат завозили надважкі робочі колеса турбін вагою 120 т.

Висновки. У більшості країн світу навантаження та габарити дорожніх автотранспортних засобів регламентовані національними стандартами і дорожнім законодавством. Фахівці у галузі дорожнього господарства й автомобільного транспорту, спільно розробляють ці вимоги для своїх країн.

На сьогоднішній день перевезення великогабаритної техніки є однією з основних проблем, з якими доводиться стикатися підприємцям будівельних, автомобільних і

промислових компаній. Дуже важливо, щоб процес роботи на різних об'єктах був організований таким чином, щоб спеціалізована техніка доставлялася на місце призначення вчасно і вже в тому стані, в якому вона буде використовуватися.

Перевезення великогабаритних та великовагових вантажів вимагає ретельної підготовки. По-перше, під перевезення виділяється спеціальний транспорт, який зможе витримати досить велике навантаження, по-друге, вантаж потребує постійного спостереження, по-третє, необхідно створити спеціальні умови для його перевезення. При транспортуванні таких вантажів, необхідне правильне оформлення документів. Сюди входить опис, маршрут, страховка, інструктаж водія та інше.

На стадії обґрунтування будівництва дороги необхідно з'ясувати, які об'єкти промисловості та енергетики намічається будувати, що тягнуть до проекрованої до-

роги районах, і при необхідності врахувати в проєкті специфічні умови перевезення особливо важких вантажів. В цьому випадку відпадає необхідність виконання трудомістких і дорогих робіт, пов'язаних з пристосуванням побудованої дороги до умов перевезення важких вантажів.

За аналізом результатів обстежень та вимірювань, обґрунтовано технічні рішення з капітального ремонту цементобетонного покриття, рекомендовані варіанти конструкцій дорожнього одягу з розробкою заходів з попередження відображеного тріщиноутворення при посиленні старого цементобетонного покриття.

Головний спосіб вирішення комплексу проблем щодо перевезення великогабаритних та особливо важких вантажів полягає в трансформації транспортного засобу під вантаж іншого розміру, форми і розподіл маси.

ЛІТЕРАТУРА

1. http://loga.gov.ua/oda/press/news/promp/pro_pravila_perevezennya_vantazhiv_avtomobilnim_transportom
2. https://vl.ukravtodor.gov.ua/vodiiam_ta_pereviznykam/velykohabarytni_ta_velykovahovi_transportni_zasoby.html.
3. <https://os1.ru/articles>
4. <https://www.tad.com.ua/services>
5. <https://mtu.gov.ua/news/26869.html?PrintVersion>
6. <https://www.facebook.com/WiM.weighinmotion/videos/536095750581262>
7. Гофман Ю. Г. Про перевезення по дорогах особливо важких вантажів
8. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
9. ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.
10. ДСТУ Б В.2.7-127:2015 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови
11. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
12. ВБН В.2.3.-218-544 Споруди транспорту. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві.
13. ТУ У В.2.7-14.2 -00018112:263 Щебінь, пісок та щебенево-піщана суміш із шлаків від виробництва марганцевих феросплавів. Технічні умови
14. ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови.
15. ГБН В.2.3-37641918-544:2014 Автомобільні дороги. Застосування геосинтетичних матеріалів у дорожніх конструкціях. Основні вимоги.
16. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу. – К.: НТУ.- Дис. д.т.н., 2005. – 460 с.
17. Радовский Б.С., Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей / Б. С. Радовский, А. С. Супрун, И. И. Козаков. - Киев: Будівельник, 1989.
18. Аксьонов П.В. Многоосные автомобили. - М.: Машиностроение, 1980.
19. <http://chesm.org/gruzoperevozki>
20. <https://www.kmu.gov.ua/news/248723179>

REFERENCES

7. Hoffman UG About transportation on roads of especially heavy freights
8. VBN В.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Non-rigid road clothes
9. DBN В.2.3-4:2015 Transport facilities. Highways
10. DSTU В В.2.7-127: 2015 Asphalt mixtures and asphalt concrete crushed stone-mastic. Specifications
11. DSTU В В.2.7-119: 2011 Mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete road and airfield. Specifications
12. GBN В.2.3-37641918-544: 2014 Highways. Application of geosynthetic materials in road structures. Basic requirements.
13. TU U В.2.7-14.2 -00018112: 263 Crushed stone, sand and crushed stone-sand mixture from slags from the production of manganese ferroalloys. Specifications
14. DSTU В В.2.7-30: 2013 Non-metallic materials for gravel and gravel foundations and road surfaces. General technical conditions.
15. GBN В.2.3-37641918-559: 2019 Highways. Non-rigid road clothes. Designing.
16. Gamelyak I P Basics of ensuring the reliability of pavement structures. - К. : NTU.- Dis. d.en.sc., 2005. - 460 p.
17. Radovsky BS, Design of road clothes for the movement of heavy trucks / BS Radovsky, AS Suprun, II Kozakov. - Kiev: Budivelnik, 1989.
18. Aksonov PV Multi-axle cars. - М.: Mashinostroenie, 1980.

Designing of a design of road clothes for transportation of large and especially heavy loads by roads of Ukraine

O. V. Kushnir, I. P. Gamelyak, V. F. Raikovskiy, U. M. Klimov

Abstract. Due to the need to transport various special, construction, agricultural and other machinery, large tanks, industrial equipment, etc., the transportation of heavy oversized cargo has been growing in recent years. The specificity of oversized and heavy transportation lies in many points, without which timely and safe delivery of goods to the destination is not possible. An important point (element) of such transportation is to take into account the strength and load-bearing capacity of bridges and road structures (road clothing) and the choice of appropriate specialized rolling stock. This article reveals the following aspects of this topic: definition of basic concepts, regulatory constraints, features of preparation and process of transportation of large and especially heavy goods, route selection, rules of transportation of goods by road, as well as documentation of cargo transportation. It should be noted that special literature on the theory related to this topic is not enough. The article presents the authors' own experience in solving such problems at transport infrastructure facilities in Ukraine, taking into account practical material and information available on the pages of transport companies. As the requirements for transportation are constantly supplemented and changed, these sources are useful in the analysis of information related to the transportation of oversized and heavy cargo.

Keywords: highway, transportation, large and especially heavy loads, construction of road clothes, bearing capacity.

Features of development of Smart Grid networks in communities, modeling methods and challenges in the implementation of intelligent power supply systems

H. Melnychuk

Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine, Kyiv, Ukraine
Corresponding author. Email: @ melnychuk.gv@gmail.com

Paper received 11.12.20; Accepted for publication 22.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-14>

Annotation. The article considers the problems of development of power grids with the introduction of intelligent systems of interaction between producers and consumers of electricity based on the SmartGrid approach, requirements for methods of calculating such systems, an example of using an improved method of individual components for modeling, and organizational and other challenges.

Keywords: *SmartGrid, power supply, electrical networks, energy management, settlements and territories.*

Introduction. New innovative technologies in the fields of alternative energy sources, accumulation and transformation of electric energy, as well as new opportunities for energy management and process modeling, contribute to the formation and development of new approaches to improving energy systems, including intelligent control, distributed electricity generation and horizontal decentralization of power supply networks.

A brief overview of publications on the topic. The formation of power supply networks began more than 100 years ago in settlements, in particular from large cities – initially they were small power plants to provide street lighting and power to tram companies. With the development of industry and electric drive systems, the demand for electricity among factories and plants increased, and domestic electricity markets were gradually formed in cities. Further centralization and formation of national electricity networks took place after the Second World War and ended with the spread of nuclear energy [1].

Centralization of the power grid, along with the benefits, has brought new challenges, including imbalance of consumption within the day. Initially, electricity consumption was quite predictable: during the day - industry, in the evening - lighting, peak loads - during peak hours of electric vehicles. However, due to the growing share of household consumption, peak loads are becoming more pronounced – despite the increase in energy efficiency of individual appliances, their number is growing much faster [2].

Electricity is the most controlled and environmentally friendly energy source, it is publicly available, and now there is an increase in the use of electricity continues, we can talk about a new wave of electrification. The key areas for expanding the use of electricity are further electrification in the domestic sector (both in households and in the non-productive sector of the economy) and in transport, combined with increasing electricity use in critical infrastructures [3].

Electrification in households occurs by replacing the use of other energy sources in the most energy-intensive areas – control of the microclimate of the premises (heating and air conditioning), water heating and cooking. More and more modern houses do not have an individual gas supply – all household appliances are powered by electricity. The share of electricity consumption by the population is growing: for example, if in 2002 in Ukraine it was only almost 19%, in 2011 – already 25.5%, and in 2019 this figure was already about 30% [4].

Electrification in transport is currently taking place both directly by replacing the use of petrol and diesel engines with

electric motors in cars (distribution of electric cars) and indirectly – by increasing the role of public transport and micromobility (bicycles, various types of electric scooters) within the new concept of intercity transportation which called "sustainable mobility". In turn, in the field of public transport are rapidly expanding electric buses and trams, and among the means of micromobility – a variety of electric individual vehicles [5].

The third notable direction of the new wave of electrification is the supply of critical infrastructure. This is the biggest challenge for the power system, because due to further informatization and the introduction of intelligent control systems necessitates an uninterrupted reliable power supply for their operation. In particular, these are the systems that ensure the viability of settlements, such as water supply, sewerage, gas supply, medical facilities, especially specialized hospitals with complex medical equipment, operating complexes, intensive care units, signaling systems for rail and road transport, air traffic control, subway, elevators of high-rise buildings, public safety systems. This necessitated a new look at the problem of sustainability of energy supply systems, when there is a significant number of critical consumers of different levels of priority [1].

These challenges, together with the proliferation of renewable energy sources and the emergence of electricity storage technologies, have led to the concept of Smart Grid – an intelligent power supply network that includes both consumers and producers of electricity, takes into account the storage and recovery of electricity by users. systems and remote control on the principle of "Internet of Things". Currently, the Smart Grid approach is one of the basic components of the Smart City concept – intelligent management of urban infrastructure to achieve sustainable development goals [6, 7].

Goal. The introduction of intelligent power management systems necessitates the calculation, modeling and forecasting of processes, as power devices are not always able to instantly change the parameters of their work. This, in turn, necessitates the introduction of effective control algorithms for more flexible control of local Smart Grid power systems. For this purpose the most suitable analytical methods which, unlike numerical, allow to carry out the analysis of a nonlinear chain in the general kind, instead of for certain values of parameters of elements of the schemes.

Materials and methods. Improving the efficiency of local systems with generators and converters of electric energy, solving problems of electromagnetic compatibility of system elements (eliminating their mutual influence), taking into account external influences and special modes of opera-

tion requires optimization procedures and using of system approaches in modeling processes in these systems.

Graphical, analytical and numerical methods, as well as combined methods are used for the analysis of electrical circuits. Numerical methods have a significant disadvantage, which is that the obtained solution corresponds to a specific case, for which specific parameter values and initial conditions are given. Analytical methods allow to obtain greater accuracy of calculations, although they require a large number of mathematical operations. The solutions in the application of analytical methods are approximate, but their accuracy depends on the detail of the approximation of real characteristics using the basic modeling functions.

The solutions obtained in the analytical form allow to carry out the qualitative analysis of the phenomena occurring in an electric circuit, and also to carry out the further analytical processing: harmonic analysis, finding of maxima and minima, integral indicators, form coefficients, harmonics, other quantitative and qualitative characteristics, the research of behavior when changing parameters.

Table 1. Types of basic functions for Laplace transforms

Type	Name of basic function	Time domain $f_{B,i}(t)$	s-domain $F_{B,i}(t)$
1	Level function	$f_1(t) = A$	$F_1(t) = \frac{A}{p}$
2	Sinusoidal function	$f_2(t) = \sin \omega t$	$F_2(t) = \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$
3	Exponential function	$f_3(t) = e^{-\sigma t}$	$F_3(t) = \frac{1}{p + \alpha}$
4	Direct proportionality function	$f_4(t) = At$	$F_4(t) = \frac{A}{p^2}$

Analytical methods are based on the analytical integration of differential equations that describe the state of a nonlinear chain using analytical expressions of the characteristics of nonlinear elements. As an example of an analytical method for calculating processes in electric circuits, consider the method of individual components using Laplace transforms. The vast majority of complex periodic functions that describe the modes of operation of electricity generators can be formed from elementary mathematical functions, which are called basic (Table 1). However, the approximation of the nonlinear characteristic that underlies these methods, leads to the introduction of more or less error in the calculations.

The general approach to the construction of Laplace s-domain for complex periodic functions in the case of a constant duration of integration intervals is considered in detail in [8]. The s-domain $F_p(p)$ of the signal function $U(t)$ for the case of rectangular pulses of amplitude U_i has the form:

$$F_p(p) = \frac{1}{p} \frac{(1 - e^{-pT})}{(1 - e^{-pT_i})} \sum_{i=1}^n U_i e^{-(i-1)pT}. \quad (1)$$

When the approximation intervals of the function have different durations, ie $T_i = \mathbf{var}$, which is a more general case, the s-domain of the signal function is as follows:

$$F_p(p) = \frac{1}{p} \frac{1}{(1 - e^{-pT_i})} \sum_{i=1}^n U_i (e^{-pT_{(i-1)}} - e^{-pT_i}), \quad (2)$$

provided that $T_T = \sum_{i=1}^n T_i, T_0 = 0$.

The calculations according to (2) are more complicated in comparison with (1), but in some cases the implementation of the approximation of the generator signal function can simplify the calculations by reducing the number of approximation intervals by combining intervals with the same amplitudes of step pulses.

When constructing modulated functions and signal functions, for the approximation of which it is necessary to apply several basic functions, it is necessary to use the alternation of the basic function with a pause to form a complex basic function. In this case, $T_i + T_{0i} = T_T$, where T_i is the duration of the basic function, T_{0i} – is the duration of the pause, with $F_i(0 + t) = F_i(T_i + T_{0i} + t)$. Then the s-domain of the signal function has the form:

$$F_p(p) = \frac{1}{p} \frac{(1 - e^{-pT})}{(1 - e^{-pT_n})} \sum_{i=1}^n U_i e^{-2(i-1)pT}. \quad (3)$$

The shift of the whole function is carried out by the delay theorem by multiplying by e^{-pT} . When approximating several basic functions, it is necessary to comply with the requirements: $F_i(f_{ei}, T_i) \cap F_j(f_{ej}, T_j) = \emptyset$, where $i \neq j$ and $i, j \in \{1, \dots, n\}$, ie the requirements of unambiguous definition of the image of the function on the interval.

The sequence of calculations for finding generalized expressions for calculating processes in circles with cyclically variable parameters is as follows:

1) formation of graphs or tables of dependences of cyclic changes of parameters of an electric circuit on time, in the same scale, definition of functions of the generator $U_G(t)$ and loading $Z(t)$;

2) formation of s-domain of generator functions $U(p)$ and load $Z(p)$ using Laplace transforms: $U(p) = L\{U_G(t)\}, Z(p) = L\{Z(t)\}$;

3) formation of s-domain of current functions in accordance with Ohm's law in operator form: $U(p) = L\{U_G(t)\}, Z(p) = L\{Z(t)\}$;

4) finding the original currents using the inverse Laplace transform $I(t) = L^{-1}\{I(p)\}$.

Obtaining current functions at intervals in analytical form allows for accurate calculations to assess current characteristics, optimal choice of parameters of electronic and electrical devices, it is necessary to determine a number of characteristics and coefficients, including operating and average currents, amplitude maxima and minima, shape coefficients, amplitude pulsations value, pulsations according to the current value, pulsations according to the average value, amplitude [9].

In turn, this makes it possible to model and predict the operation of a complex power supply system of the community with several power generators and complex loads, both to optimize the current operation of such a system and to improve and plan development.

Results and discussion. A prerequisite for the use of intelligent power supply systems can be called "smart meters", which began to be introduced by energy companies in the 1980s. The first level of their application was monitoring of

electricity consumption depending on time, the second – consumption management. The most well-known way to manage consumption is different tariffs depending on the time of day when electricity is cheaper at night. However, it fully works in combination with the appropriate equipment for consumers – for example, "smart" sockets and systems that turn on and off devices depending on time, need, load level [10].

Together, such devices and systems are combined into "smart homes". If they also have their own sources of electricity generation (solar panels, wind turbines) or devices for storing electricity (stationary batteries or electric cars with the ability to give electricity to the grid (Vehicle to Grid technology) – then such complexes are called MicroGrid. Smart Grid, it is possible to coordinate the operation of many devices for smoothing peak loads, such "smart" networks MicroGrid have become widespread in the United States, China, Italy and other countries.

At the same time, the introduction of the energy component within the Smart City concept is possible when not only technological and informational solutions for modernization of energy systems are implemented, but also administrative and financial mechanisms for the formation of the local energy market. Such approaches are not only in line with the

current vision of Sustainable Development Goals of United Nations Organization and the reduction of the carbon footprint, but also to increase the resilience of infrastructure to external influences.

Conclusions. The introduction of the intelligence networks SmartGrid as one of the key components of the SmartCity concept, when intelligent management of not only information but also energy flows is implemented, forms an interactive electricity market with many consumers, producers and energy storages. This significantly affects the quality of life of residents, and opportunities for business activity, and to improve the environmental situation, makes the community a full participant in the regional and national energy market, but also requires new approaches to regulation, tariffs and billing systems.

At the same time, it requires a rethinking of the principles of building control algorithms for such systems, in particular the involvement of artificial intelligence technologies, which requires appropriate capabilities to predict the behavior of a complex energy system. It is appropriate to use analytical methods for calculating processes in energy systems, which allows to form analytical expressions about the energy characteristics of electricity, analyze external influences and perform process forecasting.

ЛИТЕРАТУРА

- Denysiuk S., Melnychuk H. Decentralization of city energy supply systems in the conditions of technological transformations and formation of intellectual cities (smart city) // Scientific foundations of modern engineering. Monograph, Boston (USA), 2020 P. 181-204.
- Техника в её историческом развитии. Отв. ред. С.В. Шухардин, Н.К. Ламан, А.С. Федоров. М.: «Наука». Т.2, 1982. 416 с.
- Бушуев В.В., Ливинский П.А. Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва» // Москва: ИД «Энергия», 2015. 76 с.
- Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу України за 2019 рік «Енергоінформ» № 577 Інформаційно-аналітичне дослідження стану паливно-енергетичного комплексу НТСЕУ // URL: <https://www.ntseu.net.ua/docs/review577-202001.pdf> (дата об'єкту 20.02.2020).
- Мельничук Г.В. Енергоменеджмент населених пунктів та територій на основі інтелектуальних систем керування електроживленням. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2019. № 4 С.76-86
- Денисюк С.П. Технологічні орієнтири реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. № 1. С. 7–21.
- National Energy Technology Laboratory. NETL Modern Grid Initiative – Powering Our 21st-Century Economy. United States Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, 2007. August. P.17.
- Денисюк С.П., Мельничук Г.В. Побудова перетворення Лапласа при аналізі електромагнітних процесів у колах з циклічно змінюваними параметрами // Електроніка і зв'язок. Київ. 2005. №26. С.29-36.
- Денисюк С.П., Мельничук Г.В., Колесник П.С. Аналіз інтегральних характеристик систем електроживлення з циклічно змінними параметрами // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. К.: ІЕД НАНУ, 2011. №28. С.30–35.
- Кириленко О. В., С. П. Денисюк. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2014. № 9. Спец. вып. Т. 2 : Силовая электроника и энергоэффективность. С. 82-94.

REFERENCES

- Shukhardin S.V., Laman N.K., Fedorov A.S. Technology in its historical development // Moscow: "Science". – P. 1, Vol.2, 1982. – 416 p.
- Bushuev V.V., Livinsky P.A. Energy-efficient metropolis – Smart City "New Moscow" // Moscow: ID "Energy", 2015. – 76 p.
- On the main indicators of the fuel and energy complex of Ukraine for 2019 "Energoinform" № 577 Information and analytical study of the state of the fuel and energy complex NTSEU // URL: <https://www.ntseu.net.ua/docs/review577-202001.pdf> (access date 20.02.2020).
- Melnichuk H. Energy management of settlements and territories on the basis of intelligent power management systems // Energy: economics, technology, ecology, 2019, № 4, P.76-86.
- Denisyuk S. Technological guidelines for the implementation of the Smart Grid concept in power systems // Energy: economics, technology, ecology, 2014, № 1, P. 7–21.
- Denisyuk S., Melnichuk H. Formation of Laplace transform in the analysis of electromagnetic processes in circuits with cyclically variable parameters // Electronics and communication, 2005, № 26, P. 29-36.
- Denisyuk S., Melnichuk H., Kolesnik P. Analysis of integrated characteristics of power supply systems with cyclically variable parameters // Proceedings of the Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine, IED NASU, 2011, № 28, P. 30-35.
- Kirilenko O., Denisyuk S. Modern tendencies of construction and management of modes of electric power networks // Energy saving. Energy. Energy audit, 2014, № 9. Special issue Vol. 2: Power electronics and energy efficiency, P. 82-94.

INFORMATION TECHNOLOGY

Mathematical modeling of therapeutic information space of Chinese image medicine for its unified representation in information systems for integrative scientific medicine

S. Lupenko, O. Orobchuk, I. Kateryniuk, A. Horkunenko

Ternopil Ivan Puluj National Technical University; I.Horbachevsky Ternopil National Medical University
Corresponding author. E-mail: igor.kateryniuk@gmail.com

Paper received 16.12.20; Accepted for publication 23.12.20.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2020-244VIII30-15>

Abstract: the article is devoted to mathematical modeling of the therapeutic space of Chinese image medicine, which is an important stage in the development of an integrated onto-oriented information-analytical environment of research, professional healing and e-learning of Chinese image medicine, which is a representative of unconventional medical areas and a promising component of integrative scientific medicine. A unified treatment model for Chinese image medicine has been developed, which is a function of topological ontology, methods ontology and exposure time ontology in Chinese image medicine.

Keywords: *mathematical modeling, therapeutic space, ontology, information system, Chinese image medicine, integrative scientific medicine.*

Introduction. Existing health care area problems (poly-pragmatism, excessive applying of chemicals and, as a result, allergic reactions, reduced therapeutic effect, "rejuvenation" of many diseases, their transition to chronic forms) require transformation and new approaches to providing quality medical care. Increasingly relevant is the appeal to alternative medicine methods as a valuable ancient medicine experience. In Ukraine [1], as in the world, one of the priority areas of health care development in the coming years is the standardization of technologies for providing quality medical care to a population by methods of unconventional (non-traditional) medicine. This approach is successfully implemented in the framework of integrative medicine, which combines traditional treatments and the best achievements of folk medicine, and has significant potential at all levels of care, especially primary health care and disease prevention. Such integration is consistent with the WHO Strategy for Folk Medicine for 2014-2023 [2], which states that folk medicine is an underestimated part of health care, which in many countries is in demand and used on a par with conventional medicine. Important components of integrative medicine are traditional Chinese medicine (TCM), the methods of which are already widely used in both the East and the West, and the component of TCM is Chinese image medicine (CIM), which is currently under active development and research. A number of theoretical and clinical studies have been conducted for TCM (unlike CIM), and appropriate information and analytical tools have been developed [7-8].

Chinese image medicine is a part of ancient Chinese medicine that studies the influence of images on the physical body of human, both on a complex system and on individual systems, tissues, organs; on the human energy system; on the human information system, which includes such elements as emotions, consciousness, psychology. CIM studies the functions of images, their use in the diagnosis and diseases treatment and in China and Latvia is already officially recognized. CIM therapy is a process of non-drug and non-surgical treatment, the purpose of which is to eliminate the symptoms and manifestations of a

disease, alleviate a pathological condition or other life disturbance, normalize the disturbed processes and recovery, restore health. CIM therapeutic methods mostly have no analogues, are based on vague empirical knowledge of image therapists, and therefore are subjective, with a scientifically unfounded action mechanism. The international recognition of CIM requires a transition from simple accumulation of practical experience to transdisciplinary, multidisciplinary and clinical research using computer technology, which will provide a basic understanding of CIM mechanisms and allow to substantiate them at the scientific level. The first significant steps in the CIM popularization and its introduction into the field of integrated medicine as a scientifically proved medical field were made at the Beijing Medical Research Institute "Kundawell", which is a world center for teaching and research of Chinese image medicine. Here the Program of scientific researches of Chinese image medicine for 2017-2023, which is directed on carrying out of comprehensive scientific researches of Chinese image medicine for the creation purpose of theoretical and experimental scientific bases of CIM, was developed [3].

Aims. In this article we will consider the features of building a mathematical model of therapy (treatment) and therapeutic space CIM, as well as their presentation in an integrated onto-oriented information-analytical environment.

Main part. One of the current theoretical and applied tasks of the CIM Research Program is to create an integrated onto-oriented information-analytical environment of research, professional healing and e-learning CIM. The purpose of developing this environment is to ensure effective organization and coordination of existing CIM-therapists, CIM researchers, people studying CIM, as well as the formation of modern intellectualized information tools and resources in the field of folk, complementary and integrative medicine at both national and international levels [4]. The intellectualized core of such an integrated information-analytical environment should be a multilevel onto-oriented knowledge base of CIM. One of the components of

the information-analytical environment is the information system of professional healing activities "Image Therapist", designed for centralized organization, improving the quality (efficiency, safety, controllability, reliability, economy, intensity) of professional activities and sharing experiences of existing CIM therapists.

In paper [5], a separate structure of the general CIM theory was proposed, which was obtained from the conceptual model of CIM. To describe the therapeutic methods, the section "Theory and technologies of therapy in CIM" is defined, which describes and formalizes the theoretical principles, methods and means of therapeutic procedures in CIM, as well as their relationship with the relevant diagnostic information.

CIM therapy is a balancing of health, bringing the wrong condition of the patient into the right one with the images use. For each type of disease in accordance with the three-factor life model in CIM use three main methods (physical, energy, information), as well as combined treatment options (physical-energy, energy-information, physical-information, physical-energy-information). The CIM therapeutic arsenal also includes other methods, including mantras, awakening methods, regeneration and others.

Given the non-standard, unusual for Western medicine nature of therapeutic CIM methods, before creating an information system "Image Therapist" it is necessary to pay considerable attention to the development of new models, methods and tools for processing therapeutic information CIM.

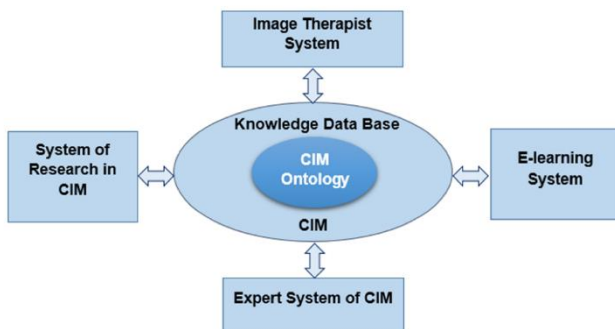


Fig.1. Generalized architecture of integrated onto-oriented information-analytical environment for research, professional healing and e-learning of Chinese image medicine.

The information-analytical environment for CIM, the generalized architecture of which is presented in Fig. 1 [4], is developed to ensure effective organization and coordination of existing CIM-therapists, CIM researchers, people studying CIM, as well as the creation of modern intellectualized information tools and resources in the field of folk, complementary and integrative medicine at both national and international levels.

This paper addresses issues related to the treatment (therapy) of the patient by a CIM therapist.

Creation of therapeutic space Y CIM should be preceded by the development of a therapeutic ontology O_{TE} CIM (CIM treatment ontology of theory and technology), which as its subontology should include a topological ontology O_T CIM and ontology O_M therapeutic methods in CIM, as well as the ontology O_t exposure time (time of application of therapeutic methods).

From a formal view point, the therapeutic CIM ontology can be presented as such a trio of its subontologies:

$$O_{TE} = \{O_T, O_M, O_t\} \quad (1)$$

Topological therapeutic ontology O_T CIM displays information about the topological location of the impact (for example, part of the human body, organ system, individual organ or organ area) CIM therapist on the patient. The topological therapeutic ontology practically repeats the topological diagnostic ontology, and at this stage we will assume that they are identical. The topological diagnostic ontology is described more detail in paper [6].

Ontology O_M therapeutic methods in CIM reflects knowledge of methods of exposing on patient in order to eliminate the disease.

We will assume that the ontologies listed above are common taxonomies. In this case, the topological therapeutic taxonomy can be represented as follows:

$$O_T = \langle \Omega_T, \subset \rangle, \quad (2)$$

where Ω_T is a types set of anatomical areas (body parts, organs, tissues) of the physical body, and the ratio " \subset " is a relationship of strict inclusion that takes place between the glossary elements (concepts) Ω_T .

The therapeutic methods taxonomy can be presented as a pair:

$$O_M = \langle \Omega_M, \subset \rangle, \quad (3)$$

where Ω_M is a glossary of CIM diagnostic methods, and the relation " \subset " is a relation of strict inclusion which takes place between glossary elements (concepts) Ω_M . As an example, the figure below shows a ontograph fragment of CIM therapeutic methods.

The duration of therapeutic exposure can range from 5 to 120 minutes, with an interval of 1 minute. Thus, the temporal taxonomy of the impact can be represented as an ordered set of natural numbers in the range [5, 120] with step 1.

The table below summarizes the information about the components of CIM therapeutic ontology.

At a high abstraction level of therapeutic space Y can be represented as a set of all possible CIM therapeutic effects, and each individual therapeutic effect will be presented as a result of construction according to a certain procedure $F(\cdot)$ from the ontologies described above. Thus, the CIM therapeutic space is a function from ontologies O_T, O_M, O_t :

$$Y = F\{O_T, O_M, O_t\}, \quad (4)$$

where $F(\cdot)$ - formation function of therapeutic exposure in CIM from the corresponding ontologies O_T, O_M, O_t .

Let's move on to the next stage, namely procedure construction of therapeutic space formation from topological ontology, therapeutic methods ontology and time ontology of CIM therapeutic effect.

To display our taxonomies, we use an ordered root tree, the nodes of which are elements of the glossary, and the edges reflect the inclusion ratio. For formation convenience of CIM therapeutic space from the above taxonomic trees it is necessary to carry out coding of their tops. We use the coding principle applied to the diagnostic space [6]. An example of coding is shown in the figure below.

Based on the above, the procedure for forming a vector $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ information therapeutic space Y of Chinese image medicine is performed similarly to the procedure of forming a vector of information diagnostic space [6]. Actually vector Y is a unified formalized presentation of CIM treatment methods. Each i -th component of y_i reflects the treatment chosen by the CIM therapist. Number

N components of the therapeutic vector $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ for a particular patient is different, depending on the number of prescribed treatments.

In general, i -th component of y_i in vector $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ are three formal objects:
 $y_i = \langle (n_{O_T}, k_1, \dots, k_j)_i, (n_{O_M}, g_1, \dots, g_j)_i, t_i \rangle, i = \overline{1, N}, \quad (5)$

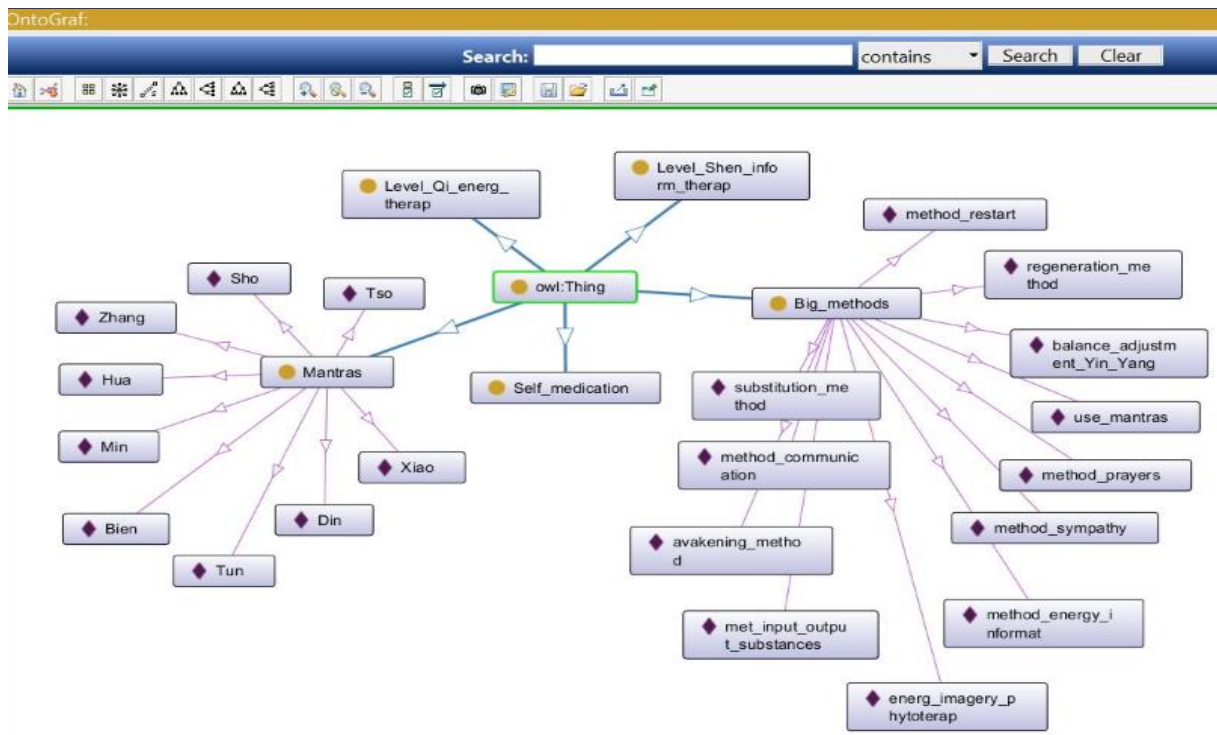


Fig. 2. Ontograph of CIM therapeutic methods

Table 1. Components of CIM therapeutic ontology

Components of CIM therapeutic ontology	Components description of CIM therapeutic ontology
TOPOLOGICAL CIM THERAPEUTIC ONTOLOGY	Topological CIM diagnostic ontology reflects information on the topological localization of diseases involving the physical body, energy system (field system, Qi system) and information systems (psycho-mental-spiritual system, Shen system) of man, in particular, contains information about body parts, organs, tissues of the physical body, information about bioactive points and energy channels of the human energy system, information about informational, psycho-emotional, mental and spiritual topological aspects of human.
CIM THERAPEUTIC METHODS ONTOLOGY	CIM therapeutic methods ontology reflects knowledge of the influence methods on patient in order to eliminate the disease.
TIME ONTOLOGY OF THERAPEUTIC EXPOSURE IN CIM	Describes the exposure time on patient by therapist. Time interval - from 5 to 120 minutes, in 1minute steps.

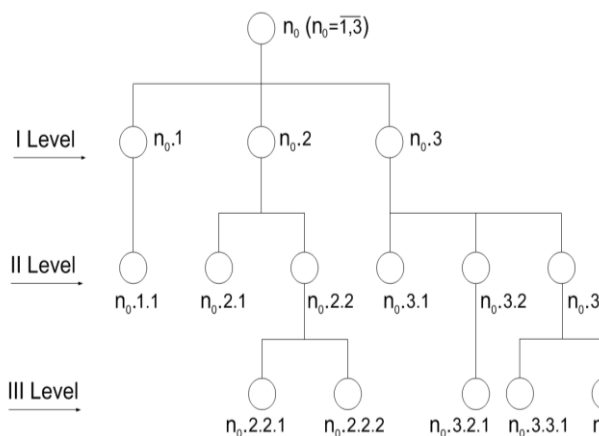


Fig. 3. Coding example of taxonomic tree nodes for CIM

where j - serial level number of corresponding topological taxonomic tree O_T, O_M, O_t , and n_{O_T}, k_1, \dots, k_j - serial node number of the topological taxonomic tree O_T ; n_{O_M}, g_1, \dots, g_j - ordinal node number of the taxonomic

tree O_M ; $t_i \in \overline{5, 120}$ - a natural number that can take values from 5 to 120 and specifies the time of therapeutic exposure of the CIM therapist, in minutes. Figure 4 shows an example of a therapeutic vector formation according to the above approach. Simplified ontologies fragments are displayed $\{O_T, O_M, O_t\}$, the selected nodes (with gray fill) reflect the selected treatment and are connected by a dashed line. Therefore, for this example, the vector $Y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ information therapeutic space Y of Chinese image medicine will be presented as $Y = (1.2.1, 2.3, 3.1)$.

When developing an appropriate software product, it makes sense to add a text field in which the CIM-specialist could add information that is not displayed by means of formal ontologies.

Thus, the therapeutic space Y contains both qualitative and quantitative characteristics (indicators), which in their entirety holistically characterize the therapeutic effect on the patient by CIM methods. Qualitative characteristics are contained in CIM ontologies, and quantitative ones determine the exposure time.

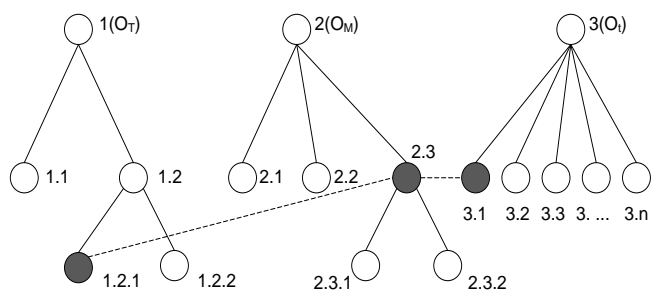


Fig. 4. Forming procedure of therapeutic vector for CIM

A number of modern technologies (Laravel 6, MySQL 5.8, Bootstrap 3) as well as diagnostic and therapeutic CIM ontologies were used in the developed prototype of the system "Image Therapist", the software implementation of which was carried out according to the MVC principle.

Figure 5 shows the window of therapeutic sessions assignments, where the system elements (terms) are used as specific classes samples of diagnostic and therapeutic CIM ontologies, as well as sets of attributes that characterize each element (therapeutic methods), thus part of the onto-oriented CIM knowledge base.

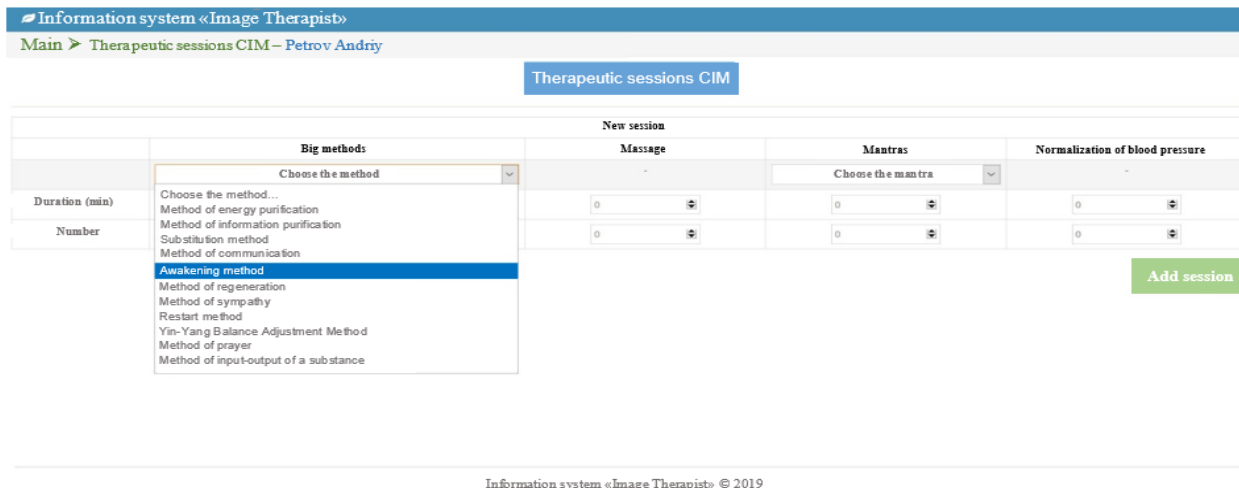


Fig. 5. Window of therapeutic sessions

Conclusions. A mathematical model of the CIM therapeutic space has been created and a unified treatment model has been developed for their presentation in an integrated onto-oriented information-analytical environment. This mathematical model of therapeutic space contains both qualitative and quantitative characteristics that holistically characterize the patient treatment by CIM methods. A prototype of the Image Therapist system is described, in which the described approaches to the therapeutic space

and treatment model in CIM are partly implemented.

The developed model allows, together with the introduction into the information system of therapeutic information obtained by Western (official) medicine, to enter therapeutic information obtained by CIM methods, which opens new opportunities for the formation of comprehensive therapeutic information that integrates (complements) various therapeutic effects on the patient in the framework of integrative scientific medicine.

REFERENCES

1. Державне підприємство "Комітет з питань народної і нетрадиційної медицини Міністерства охорони здоров'я України" [Електронний ресурс]: сайт МОЗ України. – Режим доступу: http://moz.gov.ua/ua/portal/oth_narmed.html, вільний (дата звернення: 21.11.2016)
2. International program of scientific research in Chinese image medicine and Zhong Yuan Qigong for 2017-2023, 2016. URL: <https://kundawell.com/ru/mezhdunarodnaya-programma-nauchnykh-issledovaniy-kitajskoj-imidzh-meditsiny-i-chzhun-yuan-tsigun-na-2017-2023-god>.
3. WHO strategy for traditional medicine for 2014-2023, 2013. URL: http://www.who.int/medicines/publications/traditional/trm_strategy14_23/ru/.
4. S. Lupenko, O. Orobchuk, M. Xu, The Ontology as the Core of Integrated Information Environment of Chinese Image Medicine, *Advances in Computer Science for Engineering and Education II* (2019) 471–481. doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2.
5. S.Lupenko, V.Pasichnyk, N.Kunanets, O.Orobchuk, Mingtang Xu. The Axiomatic-Deductive Strategy of Knowledge Organization in Onto-based e-learning Systems for Chinese Image Medicine // *Informatics & Data-Driven Medicine. Proceedings of the 1st International Workshop on Informatics & Data-Driven Medicine - November 2018.* – Vol. 2255. – P.126-134.
6. S.Lupenko, O.Orobchuk, I. Kateryniuk. Mathematical Modeling of Diagnosis and Diagnostic Information Space of Chinese Image Medicine for their Unified Representation in Information Systems for Integrative Scientific Medicine // *Proceedings of the 3rd International Conference on Informatics & Data-Driven Medicine, Växjö, Sweden, November 19 - 21, 2020, Vol-2753, P. 370-376.*
7. Wang Y, Zhonghua Y, Jiang Y, Liu Y, Chen L, Liu Y. A Framework and Its Empirical Study of Automatic Diagnosis of Traditional Chinese Medicine Utilizing Raw Free-text Clinical Records. *Journal of Biomedical Informatics.* 2012;45(2):210–223. doi: 10.1016/j.jbi.2011.10.010.
8. Mao Y, Yin A. Ontology modeling and development for Traditional Chinese Medicine. *Proceedings of the 2nd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI '09); October 2009; IEEE;* pp. 1–5.

REFERENCES TRANSLITERATED

1. Derzhavne pidpryyemstvo "Komitet z pytan' narodnoyi i ne-tradytsiynoyi medytsyny Ministerstva okhorony zdorov'ya Ukrainy" [Elektronnyy resurs]: sayt MOZ Ukrainy. – Rezhym dostupu: http://moz.gov.ua/ua/portal/oth_narmed.html, vil'nyy (data zvernennya: 21.11.2016)

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.
1022 Budapest, Balogvár u. 1.
www.rcontact.hu