

Том 13, кн.4  
Специално издание

ISSN 1313-860X

Vol. 13, №4  
Supplement

БЪЛГАРСКО  
СПИСАНИЕ  
ЗА ОБЩЕСТВЕНО  
ЗДРАВЕ

2021

BULGARIAN  
JOURNAL  
OF PUBLIC  
HEALTH



Издание на  
Националния център по  
обществено здраве и анализи



Published by  
the National Center of  
Public Health and Analyses

**БЪЛГАРСКО СПИСАНИЕ ЗА ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ**  
ОФИЦИАЛНО ИЗДАНИЕ НА НАЦИОНАЛНИЯ ЦЕНТЪР ПО  
ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ И АНАЛИЗИ

**ЦЕЛ И ОБХВАТ**

“Българско списание за обществено здраве” е многопрофилно списание, което включва публикации в областта на здравната политика и практика, здравния мениджмънт и икономика, епидемиология на неинфекциозните и заразните болести, здраве на населението/жените/ децата, промоция на здравето и профилактика на болестите, околна среда и здраве, трудова медицина, храни и хранене, кризисни ситуации и обществено здраве, психично здраве. Списанието дава форум за дискусия по актуални проблеми на общественото здраве в България, Европа, САЩ и др. страни. В специални приложения се публикуват материали, посветени на актуални теми, проучвания, резюмета и доклади от международни и национални научни форуми и кръгли маси. Списанието има за цел да популяризира и насърчава изследвания, добри практики, политики, управление и образование в областта на общественото здраве. Излиза в 4 книжки годишно на български и английски език, публикувани на интернет страницата на Националния център по общественото здраве анализи (<http://ncpha.government.bg>)

**РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ**

Главен редактор: Проф. д-р Петко Салчев, дм  
Зам. главен редактор: Проф. д-р Пламен Димитров, дм  
Отговорен секретар: Татьяна Каранешева, дм  
Редактор на английски: Калина Сиракова  
Стилова редакция и корекция: Татьяна Каранешева, дм  
Гр.дизайн и предпечат: Боряна Мекушина  
WEB администратор: Надежда Тодорова

**РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ**

Доц. д-р Христо Хинков, дм (НЦОЗА)  
Проф. д-р Веселка Дулева, дм (НЦОЗА)  
Проф. Цвета Георгиева, дм (НЦОЗА)  
Проф. Мишел Израел, дм (НЦОЗА)  
Доц. Росица Георгиева, дм (НЦОЗА)  
Доц. Веска Камбурова, дм (НЦОЗА)  
Доц. Теодор Панев, дм (НЦОЗА)  
Доц. Красимира Дикова, дм (НЦОЗА)  
Доц. д-р Наташка Данова, дм (НЦОЗА)  
Доц. Михаела Иванова, дм (НЦОЗА)  
Проф. д-р Тодор Кантарджиев, дмн (НЦЗПБ)  
Проф. д-р Лидия Георгиева, дм (МУ, София)  
Проф. Илко Гетов, дф (МУ, София)  
Проф. д-р Силвия Александрова-Янкуловска, дмн (МУ, Плевен)  
Проф. д-р Васка Станчева-Попкостадинова, дм (ЮЗУ, Благоевград)  
Проф. Игнат Игнатов, дф (НИЦМБ)  
Доц. Евгени Григоров, дм (МУ, Варна)  
Доц. д-р Невяна Фесчиева, дм (МУ, Варна)

**МЕЖДУНАРОДЕН КОНСУЛТАТИВЕН СЪВЕТ**

Проф. Йованка Караджинска-Бислимовска (Македония)  
Проф. д-р Уилфрид Кармаус (САЩ)  
Проф. д-р Вилле Лехтинен, дм (Финландия)  
Агнета Ингве, дм (Швеция)  
Проф. д-р Мартин Маккий (Обединено Кралство)  
Д-р Жоао Бреда (Португалия)  
Проф. Арнстейн Миклетун (Норвегия)  
Проф. Силвана Галдеризи (Италия)  
Доц. Анелия Хорват (САЩ)

**АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:**

Проф. д-р Петко Салчев, дм - Главен редактор  
“Българско списание за обществено здраве”  
Национален център по обществено здраве и анализи  
Бул. “Акад. Иван Гешов” 15, София 1431, България  
e-mail: [t.karanешева@ncpha.government.bg](mailto:t.karanешева@ncpha.government.bg)

ISSN 1313-860X

**BULGARIAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH**  
OFFICIAL JOURNAL OF THE NATIONAL CENTER OF  
PUBLIC HEALTH AND ANALISES

**AIMS AND SCOPE**

The Bulgarian Journal of Public Health is a multidisciplinary journal in the field of health policy and practice, health management and economics, epidemiology of noncommunicable and communicable diseases, population/women's/children's health, health promotion and disease prevention, environmental and occupational health, food and nutrition, public health and disasters, mental health. The Journal provides a forum for discussion of current public health problems with a focus on Bulgaria, Europe, USA and other countries. It publishes supplements on topics of particular interest, including studies, abstracts and reports from international and national scientific events and roundtables. The aim of the Bulgarian Journal of Public Health is to promote studies, good practices, policy, management and education in relevance to public health. The Bulgarian Journal of Public Health is published quarterly in Bulgarian and English and will be available free on the Website of National Center of Public Health and Analyses ([www.ncpha.government.bg](http://www.ncpha.government.bg)).

**EDITORIAL BOARD AND STAFF**

Editor-in-Chief: Prof. Petko Salchev, MD, PhD  
Deputy Editor-in-Chief: Prof. Plamen Dimitrov, MD, PhD  
Secretary-in-Charge: Tatiana Karanesheva, PhD  
Editor in English: Kalina Sirakova  
Style editing and corection: Tatiana Karanesheva, PhD  
Graphic Design and Prepress: Boryana Mekushina  
WEB администратор: Nadezhda Todorova

**EDITORIAL BOARD**

Assoc.Prof. Hristo Hinkov, MD, PhD (NCPHA)  
Prof. Veselka Duleva, MD, PhD (NCPHA)  
Prof. Tsveta Georgieva, PhD (NCPHA)  
Prof. Mishel Izrael, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Росица Георгиева, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Veska Kamburova, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Teodor Panev, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Krasimira Dikova, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Natasha Danova, MD, PhD (NCPHA)  
Assoc.Prof. Mihaela Ivanova, PhD (NCPHA)  
Prof. Todor Kantardzhiev, MD, Dsc (NCRPP)  
Prof. Lidia Georgieva, MD, PhD (MU, Sofia)  
Prof. Ilko Getov, PhD (MU, Sofia)  
Prof. Silva Alexandrova-Jankulovska, MD, Dsc (MU, Pleven)  
Prof. Vaska Stancheva-Popkostadinova, MD, PhD (SWU, Blagoevgrad)  
Prof. Ignat Ignatov, PhD in Physics (SRCMB)  
Assoc.Prof. Evgeni Grigorov, PhD (MU, Varna)  
Assoc.Prof. Neviana Feschieva, MD, PhD (MU, Varna)

**INTERNATIONAL ADVISORY BOARD**

Prof. Jovanka Karadzinska-Bislimovska (Macedonia)  
Prof. Wilfried Karmaus, MD, MPH (USA)  
Prof. Ville Lehtinen, MD, PhD (Finland)  
Agneta Yngve, PhD (Sweden)  
Prof. Dr. Martin McKee (United Kingdom)  
Dr. Joao Breda (Portugal)  
Prof. Arnstein Mycletun, PhD (Norway)  
Prof. Silvana Galderizi (Italy)  
Assos. Prof. Anelia Horvath (USA)

**EDITORIAL OFFICE ADDRESS:**

Prof. Petko Salchev, MD, PhD - Editor-in-Chief  
„Bulgarian Journal of Public Health”  
National Center of Public Health and Analyses  
15 Acad.Ivan Geshov Blvd, 1431 Sofia, BULGARIA  
e-mail: [t.karanешева@ncpha.government.bg](mailto:t.karanешева@ncpha.government.bg)

ISSN 1313-860X

СЛЕДДИПЛОМНО ОБУЧЕНИЕ ПО  
МЕДИЦИНСКА САНИТАРНА ФИЗИКА ЗА  
ФИЗИЦИ И ИНЖЕНЕРИ В ОБЛАСТТА НА  
ФИЗИЧЕСКИТЕ ФАКТОРИ

*М. Израел, М. Иванова, Цв. Шаламанова*

3

POSTGRADUATE TRAINING IN MEDICAL  
SANITARY PHYSICS FOR PHYSICISTS  
AND ENGINEERS IN THE FIELD OF  
PHYSICAL FACTORS

*M. Israel, M. Ivanova, T. Shalamanova*

ЦЕНТЪР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТИ  
– КЛЮЧОВ ИНСТРУМЕНТ ЗА УСПЕШНИ  
ПРОЕКТНИ ДЕЙНОСТИ НА ВИШИТЕ  
УЧИЛИЩА

*Я. Черногорова*

10

PROJECT MANAGEMENT CENTER - A  
KEY TOOL FOR SUCCESSFUL PROJECT  
ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION  
INSTITUTIONS

*Y. Chernogorova*

МЕТОД ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА  
КОНТРАСТНО УСИЛЕНИ МАМОГРАФСКИ  
ИЗОБРАЖЕНИЯ: СИМУЛАЦИОННО  
ИЗСЛЕДВАНЕ

*Т. Георгиев, К. Близнакова, Я. Банева*

20

A METHOD FOR MODELLING  
OF CONTRAST ENHANCED  
MAMMOGRAPHY IMAGING: A  
SIMULATION STUDY

*T. Georgiev, K. Bliznakova, Y. Baneva*

ОЦЕНКА НА ФИНИТЕ ДВИГАТЕЛНИ  
УМЕНИЯ, ПРИДОБИТИ ПО ВРЕМЕ  
НА СИМУЛАЦИОННО ОБУЧЕНИЕ ПО  
ЛАПАРОСКОПСКА ХОЛЕЦИСТЕКТОМИЯ

*Т. Калинов, Д. Грънчаров, К. Близнакова,  
А. Златаров, Н. Колев*

28

ASSESSMENT OF FINE MOTOR SKILLS  
ACQUIRED DURING SIMULATION  
TRAINING DURING LAPAROSCOPIC  
CHOLECYSTECTOMY

*T. Kalinov, D. Grancharov, K. Bliznakova,  
A. Zlatarov, N. Kolev*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА БАКТЕРИЦИДНИ  
ЛАМПИ ЗА ДЕЗИНФЕКЦИЯ – ОЦЕНКА  
НА ЕКСПОЗИЦИЯТА И РИСКОВЕ ЗА  
ЗДРАВЕТО

*М. Иванова, Хр. Петкова, П. Иванова,  
Цв. Шаламанова, М. Израел*

36

APPLICATION OF GERMICIDAL  
LAMPS FOR DISINFECTION -  
EXPOSURE ASSESSMENT AND HEALTH  
RISKS

*M. Ivanova, H. Petkova, P. Ivanova,  
T. Shalamanova, M. Israel*

ПРОУЧВАНЕ НА СЛУЧАЙ НА  
ЕКСПОЗИЦИЯ НА НАСЕЛЕНИЕТО,  
ИЗЛОЖЕНО НА ШУМ И ВИБРАЦИИ ОТ  
РЕЛСОВ ТРАНСПОРТ

*П. Иванова, М. Иванова*

50

CASE STUDY OF EXPOSURE  
OF THE GENERAL PUBLIC TO NOISE  
AND VIBRATION FROM RAILWAY  
TRANSPORT

*P. Ivanova, M. Ivanova*

УПРАВЛЕНИЕ НА ЗНАНИЯТА И  
„ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА“ В ПРЕХОДА  
КЪМ ОБЩЕСТВО 5.0 В ОБЛАСТТА НА  
ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО

*Т. Бакърджиева, А. Димова, К. Близнакова*

59

KNOWLEDGE MANAGEMENT AND  
INTERNET OF THINGS TOWARDS  
SOCIETY 5.0 IN  
HEALTHCARE DOMAIN

*T. Bakardjieva, A. Dimova, K. Bliznakova*

## СЪДЪРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНТЕНЗИТЕТА  
НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ПОЛЕ И  
ЗОНАТА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕ, ОТЧИТАЙКИ  
СПЕЦИФИКАТА НА 5G ТЕХНОЛОГИЯТА

*Цв. Шаламанова, М. Израел, Хр. Петкова, В.  
Зарябова, М. Иванова*

**67**

ВНЕДРЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННА  
СИСТЕМА „QA-TRACK PLUS” ЗА КОНТРОЛ  
НА КАЧЕСТВО В ЛЪЧЕТЕРАПИЯТА,  
СЪГЛАСНО НАЦИОНАЛНОТО  
ЗАКОНОДАТЕЛСТВО В БЪЛГАРИЯ

*С. Божиков, К. Митарова, Ф. Василева*

**79**

## CONTENTS

DETERMINATION OF RF FIELD  
STRENGTH AND SAFETY ZONE,  
REGARDING THE SPECIFICITY OF THE  
5G TECHNOLOGY

*T. Shalamanova, M. Israel, H. Petkova, V.  
Zaryabova, M. Ivanova*

IMPLEMENTATION OF QATRACK+  
WEB BASED SYSTEM FOR QUALITY  
CONTROL IN RADIATION THERAPY,  
IN ACCORDANCE WITH THE NATIONAL  
LEGISLATION IN BULGARIA

*S. Bozhikov, K. Mitarova, F. Vasileva*



# СЛЕДДИПЛОМНО ОБУЧЕНИЕ ПО МЕДИЦИНСКА САНИТАРНА ФИЗИКА ЗА ФИЗИЦИ И ИНЖЕНЕРИ В ОБЛАСТТА НА ФИЗИЧЕСКИТЕ ФАКТОРИ

Мишел Израел<sup>1,2</sup>, Михаела Иванова<sup>2</sup>,  
Цветелина Шаламанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Медицински университет – Плевен

<sup>2</sup>Национален център по общественото здраве и анализи

## РЕЗЮМЕ

В медицинската практика се използват много приложения на източници на физически фактори, освен добре познатите методи, използващи йонизиращо лъчение. Някои примери са диагностика с магнитен резонанс (ЯМР), лазери в медицината, радиочестотни полета, ултразвук, оптично лъчение във физиотерапията и други приложения. Често използвани източници на физически фактори прилагат нови технологии като телекомуникации, системи против кражби, транспорт, радары, които създават обществена загриженост и екологични проблеми. Медицинско-санитарните физици и инженери се занимават с оценка на експозицията и превенция от тези фактори в работната и битовата среда. Следдипломното обучение в тази област съществува в България от началото на 80-те години на 20-и век.

В статията е посочена необходимостта специалистите със следдипломно обучение по медицинска санитарна физика да се изравнят като професия с останалите медицински физици, работещи с йонизиращи лъчения, като им се приложи новото име, предложено от Европейската федерация на организациите по медицинска физика (EFOMP) – учен по медицинска физика.

Допълнението PS № 14 на EFOMP обсъжда нарастващото участие на специалисти със солидна научна подготовка, обикновено наричани „учени по магнитен резонанс“, особено в клиничните изследвания, действащи в подкрепа на специфичната роля на лекаря, отговорен за прегледа/отчитането или за лечението. Сред тези учени, онези със сериозен опит в медицинската физика, по-долу наричани „учени по магнитен резонанс в медицинската физика“, все повече участват в много дейности, цитирани по-горе. За щастие в България имаме такова следдипломно образование за физици, което следва да обхваща всички нови технологии, които се прилагат в медицината, а също и в ежедневието на хората.

Медицинско-санитарните физици сега се занимават с научноизследователска дейност, измервания и оценка на експозицията, разработване на стандарти и законодателство в областта на нейонизиращите лъчения, шума, вибрациите, микроклимата. Те имат знанията да създават методи за оценка на физическите фактори, излъчвани от новите технологии, като 5G, ЯМР, радиочестота, ултразвук, магнитни полета и да раз-

# POSTGRADUATE TRAINING IN MEDICAL SANITARY PHYSICS FOR PHYSICISTS AND ENGINEERS IN THE FIELD OF PHYSICAL FACTORS

Michel Israel<sup>1,2</sup>, Mihaela Ivanova<sup>2</sup>,  
Tsvetelina Shalamanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Medical University, Plevna

<sup>2</sup>National Centre of Public Health and Analyses, Sofia

## ABSTRACT

Many applications of sources emitting physical factors are in use in the medical practice besides well-known methods with application of ionizing radiation. Some examples are magnetic resonance imaging (MRI) diagnosis, lasers in medicine, radiofrequency fields, ultrasound, optical radiation in physiotherapy and other applications. Commonly used sources of physical factors apply new technologies as telecommunication, anti-theft systems, transport, radars that create public concern and ecological problems. Medical sanitary physicists and engineers are engaged in exposure assessment and prevention from these factors in the working and living environment. Postgraduate education in this field exists in Bulgaria from the early 80's of the 20th century.

The main purpose of this paper is specialists with postgraduate education in medical sanitary physics to be levelled as a profession with the other medical physicists working with ionizing radiation applying for them the new name proposed by the European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) – Medical Physics scientist (MP scientist).

The EFOMP addendum PS No.14 discusses the growing involvement of specialists with strong scientific background, commonly named “MR scientists”, especially in clinical research, acting in support to the specific role of the physicist responsible for the evaluation /reporting or for the treatment. Among these scientists, those with a strong background in medical physics, in the following named as “Medical Physics MR Scientist”, are increasingly involved in many activities cited above. Fortunately, in Bulgaria we have such postgraduate education for physicists that is possible to cover all new technologies being in practice in medicine, also in daily life of the people.

Medical sanitary physicists are involved now in research activities, measurements and exposure assessment, development of standards and legislation in the field of non-ionizing radiation, noise, vibration, microclimate. They have the knowledge to create methods for evaluation of physical factors emitted by new technologies, as 5G, MRI, also with application of radiofrequency, ultrasound, magnetic fields, and to develop the best

работват най-добрите практики за превенция на медицинския персонал и за хората, изложени на тези фактори.

Тази част от медицинските физици не е обхваната от международна професионална класификация и те трябва да имат същата професионална защита като останалите, които използват йонизиращи лъчения в практиката си. Международните организации по медицинска физика, като IOMP, EFOMP, трябва да включат медицинската санитарна физика в класификацията на професиите, като „MP scientists“ („учен по медицинска физика“), и да използват същите изисквания за учебната програма за тези следдипломни физици, както и за останалите медицински физици.

**Ключови думи:** медицинска санитарна физика, следдипломно обучение, „учен по медицинска физика“, IOMP, EFOMP

## ВЪВЕДЕНИЕ

Много приложения на физически фактори са известни от повече от 4000 години при лечението на различни заболявания, по-специално действието на климатичните фактори, магнитното поле, слънчевата радиация. През последните 100 години различни технологии с прилагането на физически енергии станаха основа за по-добра диагностика и лечение на множество болести.

Диагностиката с прилагане на ядрено-магнитен резонанс (ЯМР) до голяма степен измести компютърния томограф и премахна риска от облъчване на пациентите с йонизиращи лъчения. Ултразвуковите технологии в медицината позволиха ранното диагностициране на заболявания на вътрешните органи, включително и на плода при бременни жени.

Терапията с нейонизиращи лъчения (магнитни полета, електромагнитни вълни от различни честотни обхвати, оптични лъчения, лазери, също и ултразвук) се прилага в множество уреди и съоръжения във физиотерапията, въведени в практиката през последните 50 години. Едновременно с това, радиочестотните електромагнитни вълни, оптичните и лазерните лъчения и повишеното атмосферно налягане се използват масово в хирургията, онкологията, офталмологията, дерматологията, урологията, също и в козметичните центрове.

Физическите фактори са универсални фактори на средата, в която човек работи, живее или пребивава, още повече поради технологиите, които човек въвежда в последните години, като например в телекомуникацията, енергетиката, транспорта и много други.

По този начин тези фактори от „присъщи“ за човека и еволюцията на биологичните видове на планетата (естествените физически енергии) се превръщат във възможни вредни фактори на средата, влияещи както на човека, така и на природата. Като брой фактори, видове технологии, в които те се прилагат, те са много по-широко разпространени в живота на човека, отколкото йони-

practices for prevention of medical personnel and for the people exposed to such factors.

This part of the medical physicists is not covered by any international professional classification, and they should have the same professional protection as the others that use ionizing radiation in their practice. The international medical physics organizations, as International Organization for Medical Physics (IOMP), European Federation of Organisations For Medical Physics (EFOMP) should include the medical sanitary physics in the classification of professions, as “MP scientists”, and to use the same curriculum requirements for these postgraduate physicists as for the others medical physicists.

**Key words:** medical sanitary physics, postgraduate education, MP scientist, IOMP, EFOMP

## BACKGROUND

Many applications of physical factors have been known for more than 4,000 years in the treatment of various diseases, in particular the action of climatic factors, the magnetic field, solar radiation. Over the last 100 years, various technologies with the application of physical energies have become the basis for better diagnosis and treatment of many diseases.

Magnetic resonance imaging (MRI) diagnostics largely displaced computed tomography and eliminated the risk of exposing patients to ionizing radiation. Ultrasound technology in medicine has allowed early diagnosis of diseases of internal organs, including the fetus in pregnant women.

Non-ionizing radiation therapy (magnetic fields, electromagnetic waves of different frequency bands, optical radiation, lasers, as well as ultrasound) is applied in many devices and equipment in physiotherapy, introduced in practice over the past 50 years. At the same time, radio frequency electromagnetic waves, optical and laser radiation and elevated atmospheric pressure are widely used in surgery, oncology, ophthalmology, dermatology, urology, as well as in cosmetic centers.

Physical factors are universal factors of the environment, where a person works, lives or resides, mostly because of technology, which man has introduced in recent years, such as in telecommunications, energy, transport and many others.

In this way, these factors from „inherent“ to man and the evolution of biological species on the planet (natural physical energies) become possible harmful factors of the environment, affecting both man and nature. As a number of factors, the types of technologies in which they are applied, they are much more common in human life than ionizing radiation.

зиращите лъчения.

Всичко това изисква сериозен подход при оценката на експозицията и риска на физическите фактори, както и подходи за превенция, подобни на тези, прилагани за защита от йонизиращите лъчения.

## СПЕЦИАЛНОСТТА “МЕДИЦИНСКА ФИЗИКА” – НОВИ ДЕЙНОСТИ И ИЗИСКВАНИЯ

Под наименованието “медицинска физика” дълго време у нас се разбираше обучението по физика на студентите по медицина, стоматология и фармация, а в по-малка степен - и в областта на медицинската радиология, рентгенология, нуклеарна медицина, също на радиобиологията и радиационната защита. Съвременната дефиниция на понятието, представена от IOMP (International Organization of Medical Physics), включва по-широко описание на областта:

*“Медицинска физика” представлява “клон от приложената физика, с който се занимават медицинските физици, дипломирани с университетска степен или равностойна, и специализиращи във физиката, който клон използва научни (главно физични) принципи, методи и техники в практиката и изследванията за предотвратяване/превенция, диагноза и лечение на човешките заболявания, със специалната цел подобряване на човешкото здраве и благополучие.”*

При настоящото развитие на медицинската наука и практика, както и на физичните методи, прилагани от нея, медицинският физик има много широка гама от задължения, а именно:

- Да участва в етапа на планиране на методите, апаратурата и друга техника, която медиците ще прилагат в определена медицинска област;
- Да подбира и поддържа тази техника, с цел да се прилага избраният метод и да се постигне исканият резултат;
- Да участва в интердисциплинарния екип при определяне на методите, средствата, стойностите на физическите фактори, използвани в науката за експериментални изследвания и в практиката за терапия и диагностика;
- Да определя минималните дози и други енергийни параметри на въздействието на човека с физически фактори, с цел достигане на ефект от въздействието при най-малка възможна експозиция;
- Да определя максимално допустимите дози на въздействие с физически енергии както върху пациентите, така и върху медицинския персонал, с цел безопасност на хората, намиращи се в условия на въздействие;
- Да разработва методи за измерване, оценка и дозиметрия на въздействащите физически фактори върху човека, както и да осигурява извършването на тези измервания;

All this requires a serious approach to the assessment of exposure and risk of physical factors, as well as prevention approaches similar to those applied to protection against ionizing radiation.

## MEDICAL PHYSICS SPECIALTY - NEW ACTIVITIES AND REQUIREMENTS

The term „medical physics“ has long been used in our country to teach physics to students of medicine, dentistry and pharmacy, and to a lesser extent - in the field of medical radiology, radiology, nuclear medicine, as well as radiobiology and radiation protection. The modern definition of the term presented by the International Organization of Medical Physics (IOMP) includes a broader description of the field:

*“Medical Physics” is “a branch of Applied Physics, pursued by medical physicists with a university degree or equivalent, and specializing in physics, which branch uses physics principles, methods and techniques in practice and research for the prevention, diagnosis and treatment of human diseases with a specific goal of improving human health and well-being.”*

In the current development of medical science and practice, as well as the physical methods it uses, the medical physicist has a very wide range of duties, namely:

- To participate in the planning stage of the methods, equipment and other equipment that physicians will apply in a particular medical field;
- To select and maintain this technique in order to apply the chosen method and achieve the desired result;
- To participate in the interdisciplinary team in determining the methods, equipment, values of physical factors used in the science of experimental research and in the practice of therapy and diagnosis;
- To determine the minimum doses and other energy parameters of human impact with physical factors, in order to achieve the effect of the impact at the lowest possible exposure;
- To determine the maximum permissible doses of exposure to physical energy on both patients and medical staff, for the safety of people in exposure;
- To develop methods for measurement, evaluation and dosimetry of the influencing physical factors on the person, as well as to ensure the performance of these measurements;
- To participate in the assessment of the impact of physical factors on humans and the environment, in the introduction of new methods, systems and



- Да участва при оценката на въздействието на физическите фактори върху човека и околната среда, при въвеждане на нови методи, системи и технологии, въздействащи чрез физически енергии върху населението;
- Да бъде водещ специалист в разработването и прилагането на средства за защита на работещите от въздействието на физични фактори на работната среда;
- Да участва в разработването и прилагането на норми и законодателство в областта на защитата от въздействието на физически фактори в работната среда и в населените места.

През 2012 г. Европейската федерация на организациите по медицинска физика (EFOMP) публикува документ, определящ политиката за дефиниране на нови дейности в областта на медицинската физика, които следва да доведат до обогатяване на изискванията за квалификация и познания на медицинските физици. Една от основните причини за това беше масовото използване на съоръжения с ЯМР за диагностика, част от тях съвместно с компютърни томографи и други технологии. Така през 2020 г. беше въведено допълнение PS No.14 (1), където се препоръчва двустепенен подход към гарантирането на безопасността в магнитно-резонансната (МР) образна диагностика, с въвеждането на „отговорник по МР безопасност“ (MR Safety Expert, MRSE), аналогично на този в областта на йонизиращите лъчения – „Radiation Protection Officer, RPO“ и „Radiation protection expert“, RPE. Функциите на RPE и MPE могат да се изпълняват от едно и също лице, и в лечебните заведения това най-логично е да е медицински физик, но квалификацията се дава по различни процедури (а у нас и от различни институции - RPE от Агенцията за ядрено регулиране, а MPE от МЗ).

Цитираното допълнение се оказва необходимо след:

- Публикуването на Директива 2013/35/2013 за защита на работещите от въздействието на електромагнитни лъчения (2);
- развитието и прилагането на нови съоръжения с ЯМР (MRI), като PET/MRI, LINAC/MRI, interventional MRI, SPECT/MRI, parallel transmit RF systems, както и въвеждането на много интензивни MRI системи (7 T), във връзка с новите изисквания за безопасност на пациентите и работещите;
- публикуването на EC RP 174 “European Guidelines on Medical Physics Expert” през 2014 г., където Европейската комисия препоръчва „...тъй като системите, излъчващи нейонизиращи лъчения съвместно с йонизиращи, стават все повече (като PET/MRI, SPECT/MRI), да се включи експертът по медицинска физика (MPE), имащ подходящи знания по отношение на медицинското приложение на други физически фактори“ (3);
- значително разширяване на високоспециализирани ЯМР техники, като спектроскопия, diffusion and perfusion weighted imaging, functional imaging (fMRI), susceptibility weighted imaging (SWI), morphometry,

technologies that affect the population through physical energy;

- To be a leading specialist in the development and implementation of measures for protection of workers from the impact of physical factors of the working environment;
- To participate in the development and implementation of exposure limits and legislation in the field of protection against the impact of physical factors in the work environment and in settlements.

In 2012, EFOMP published a Policy Statement No.14 document setting out the policy for defining new activities in the field of medical physics, which should lead to the enrichment of the qualification and knowledge requirements of medical physicists. One of the main reasons for this was the widespread use of MRI equipment for diagnostics, some of them in conjunction with computed tomography and other technologies. Thus, in 2020 Addendum to PS No.14 (1) was introduced a two-step approach to ensuring safety in magnetic resonance (MR) imaging, introducing MR safety officer (MR Safety Expert, MRSE), similar to that in the field of ionizing radiation – „Radiation Protection Officer, RPO“ and „Radiation Protection Expert“, RPE. RPE and MRSE functions can be performed by the same person, in clinics it can be the medical physicist. Qualification is given under different procedures, and in our country by different institutions – RPE by the Nuclear Regulatory Agency; MRSE by the Ministry of Health.

The cited addition turned out to be necessary after:

- publication of the Directive 2013/35/2013 on the protection of workers from exposure to electromagnetic radiation (2);
- development and implementation of new MRI facilities, such as PET/MRI, LINAC/MRI, interventional MRI, SPECT/MRI, parallel transmit RF systems, as well as the introduction of the most powerful MRI instrumentation (7.0 T -scanners), in connection with the new requirements for patient and worker safety;
- publication of EC Radiation Protection No.174 “European Guidelines on Medical Physics Expert” in 2014, where the European Commission recommends... as systems that emit non-ionizing radiation together with ionizing radiation become more and more (such as PET/MRI, SPECT/MRI), to involve the Medical Physics Expert (MPE), who has appropriate knowledge of the medical application of other physical factors“ (3);
- significant expansion of highly specialized MRI techniques, such as spectroscopy, diffusion and perfusion weighted imaging, functional imaging (fMRI), susceptibility weighted imaging (SWI),



CEST contrast, Arterial Spin Labeling (ASL), synthetic MRI, etc., комбинираното използване на много от тези техники при планиране на хирургична намеса, радиотерапия или мултимодална образна диагностика, също и нарастващото приложение на Artificial Intelligence (AI) в диагностичната радиология, както и използването на количествени образни биомаркери, основани на данни от ЯМР (4).

Въз основа на това допълнение EFOMP прави препоръки, свързани с необходимостта медицинските физици да се обучават подробно в изискванията на Директива 2013/35/ЕК, както и за прилагане на други физически фактори в медицинската практика. Една от препоръките включва и обогатяване на обучението по специалността „медицинска физика“ с новите изисквания, извън тези, свързани с клиничното приложение на йонизиращите лъчения.

## СЛЕДДИПЛОМНО ОБУЧЕНИЕ ПО МЕДИЦИНСКА САНИТАРНА ФИЗИКА В БЪЛГАРИЯ

Положителен е фактът, че в България съществува следдипломно обучение за физици и инженери, което покрива част от цитираните допълнителни изисквания на международните организации. Освен **медицинската радиологична физика**, която подготвя физици за лъчелечението, образната диагностика, нуклеарната медицина, също за целите на радиобиологията и радиационната защита, у нас се провежда обучение по **медицинска санитарна физика**, което включва знания по приложение, неблагоприятни ефекти, гранични стойности, защита от нейонизиращи лъчения (вкл. оптични и лазерни лъчения), шум и вибрации в работната и околната среда, електрични заряди и електричен ток, атмосферно налягане (повишено, понижено), гравитация, ускорения и др. До голяма степен тази специализация отговаря на квалификацията на *health physicist*, която се прилага в САЩ за физици, работещи в областта на медицинската наука и практика.

Това следдипломно обучение е регламентирано в Наредба № 1 от 22.01.2015 г. за придобиване на специалност в системата на здравеопазването (5).

Специалистите, преминали през СДО по Медицинска санитарна физика, са с висока степен на компетентност в областта на *измерването и оценката на физическите фактори* (механични трептения, микроклимат, електрически ток, магнитни полета, електромагнитни вълни, оптични – полихроматични и лазерни лъчения, йонизация на въздушната среда и други), *оценката на експозицията и риска от въздействието им, възможните неблагоприятни здравни ефекти, методите и средствата за намаляване на въздействието им*.

Едновременно с това, те са квалифицирани за *оценка на условията на труд и оценката на риска от експозиция на физически енергии в работната и в околната среда*. Те са подготвени основно да работят в областта

morphometry, CEST contrast, Arterial Spin Labeling (ASL), synthetic MRI, etc., combined use of many of these techniques in planning surgery, radiotherapy, or multimodal imaging, as well as the growing application of Artificial Intelligence (AI) in diagnostic radiology, and the use of quantitative imaging biomarkers based on MRI data (4).

Based on this addition, the EFOMP makes recommendations regarding the need for medical physicists to be trained in detail in the requirements of Directive 2013/35 / EC, as well as for the application of other physical factors in medical practice. One of the recommendations includes enrichment of the training in the field of „medical physics“ with the new requirements, other than those related to the clinical application of ionizing radiation.

## POSTGRADUATE TRAINING IN MEDICAL SANITARY PHYSICS IN BULGARIA

It is a positive fact that in Bulgaria there is postgraduate training for physicists and engineers, which covers some of the cited additional requirements of international organizations. In addition to **medical radiological physics**, which prepares physicists for radiotherapy, imaging, nuclear medicine, also for the purposes of radiobiology and radiation protection, we conduct training in **medical sanitary physics**, which includes knowledge of application, adverse effects, limit values, protection from non-ionizing radiation (including optical and laser radiation), noise and vibration in the working and living environment, electric charges and electric current, atmospheric pressure (increased, decreased), gravity, accelerations, etc. To a large extent, this specialization corresponds to the qualification of *health physicist*, which is applied in the United States for physicists working in the field of medical science and practice.

This postgraduate training (PGT) is regulated by the Ordinance № 1 of 22.01.2015 on the acquisition of a specialty in the health care system (5).

Specialists who have passed the PGT in Medical Sanitary Physics have a high degree of competence in the field of *measurement and evaluation of physical factors* (mechanical vibrations, microclimate, electric current, magnetic fields, electromagnetic waves, optical - polychromatic and laser radiation, ionization of air environment, etc.), *the assessment of exposure and the risk of their impact, possible adverse health effects, methods and means to reduce their impact*.

At the same time, they are qualified to *assess working conditions and assess the risk of exposure to physical energy in the workplace and the environment*. They are prepared mainly to work in *the field of hygiene as a preventive discipline in medicine* and therefore have a

на хигиената като профилактична дисциплина в медицината и поради това имат сериозно място за работа в научни институти и учебни звена, контролни органи на МЗ, МОСВ, МТСП, в служби за трудова медицина, органи за контрол, и не по-малко за обслужване на медицински звена, където се прилагат физически фактори в диагностиката и терапията – кабинети по физикална терапия и рехабилитация, клинични звена с приложение на лазерни устройства, козметични центрове и др. В това отношение те до голяма степен отговарят на новите изисквания на EFOMP за “Medical Physics Scientist” („учен по медицинска физика“), но нямат съответната клинична подготовка, която е необходима за работа в областта на МР образна диагностика.

Въпреки че специалистите по медицинска санитарна физика донякъде отговарят на препоръката на EFOMP за обучение в областта на нейонизиращите лъчения, особено отнасящи се до безопасността на технологиите и съоръженията, те не са достатъчно подготвени за директното им включване в клиничните звена с прилагане на ЯМР технологии.

## ПРЕПОРЪКИ

За усъвършенстване на следдипломното обучение и спазване на европейските изисквания за разширяване на знанията на медицинските физици в областта на нейонизиращите лъчения и други физически фактори, е необходимо следното:

- Необходимо е да се създаде нормативна база на МЗ, която да регламентира включването на медицински физици в звената по магнитно-резонансна диагностика и да регламентира задължението за контрол на качеството на апаратурата за МРТ, включително безопасността за пациентите, персонала и населението;
- Да се разшири обучението по медицинска санитарна физика в областта на образната диагностика с прилагане на физически енергии – ЯМР, ултразвук;
- Завършилите следдипломно обучение по „медицинска санитарна физика“ да получават диплома за „медицински физик“ с научна насоченост, както е предложението на EFOMP;
- Двете специализации по медицинска физика да усъвършенстват своите програми така, че да имат някои общи раздели в обучението, обхващащи съвместното прилагане на йонизиращи лъчения и други физически фактори на средата в клиничната практика, главно нейонизиращи лъчения;
- В националната класификация на професиите, специалностите по „медицинска радиологична физика“ и „медицинска санитарна физика“ да се отнасят до специалисти с образователна степен най-малко „магистър“, а не „бакалавър“, както са въведени през 2012 г.

serious place to work in research institutes and training units, control bodies of the Ministry of Health (MH), Ministry of Environment and Water (MEW), Ministry of Labour and Social Policy (MLSP), occupational health services, control bodies, and not less for servicing medical units, where physical factors are applied in diagnostics and therapy - offices for physical therapy and rehabilitation, clinical units with application of laser devices, cosmetic centers, etc. In this respect, they largely meet EFOMP's new requirements for “Medical Physics Scientist”, but they don't have clinical training that is necessary for MR imaging work.

Although specialists in „medical sanitary physics“ meet some of the EFOMP's recommendation for training in non-ionizing radiation, especially on the safety of technology and equipment, they are not sufficiently prepared for their direct inclusion in clinical units using MRI technology.

## RECOMMENDATIONS

In order to improve the postgraduate qualification and to comply with the European requirements for expanding the knowledge of medical physicists in the field of non-ionizing radiation and other physical factors, the following is necessary:

- To establish an Ordinance of the Ministry of Health, which regulates the inclusion of medical physicists in MR imaging units and regulates the obligation to control the quality of MRT equipment, including safety for patients, staff and the population;
- To expand the training in medical sanitary physics in the field of image diagnostics with the application of physical energies - MRI, ultrasound;
- Graduates of postgraduate training in „medical sanitary physics“ to receive a diploma in „medical physics“ with a scientific focus, as proposed by EFOMP;
- The two specializations in medical physics to improve their programs so that they have some common sections in the training, covering the joint application of ionizing radiation and other physical factors of the environment in clinical practice, mainly non-ionizing radiation;
- In the national classification of professions, the specialties in „medical radiological physics“ and „medical sanitary physics“ should refer to specialists with an educational degree of at least „Master“ and not „Bachelor“, as introduced in 2012.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, следдипломното обучение по медицинска физика у нас има традиции и е основано на необходимостта от специалисти – физици в различни области на медицинската наука и практика. Част от тях намират своето място в клиниките – в отделенията по диагностика и терапия с прилагане на йонизиращи лъчения (тези, завършили „медицинска радиологична физика“), докато „медицинските санитарни физици“ – в различни научни и контролни звена на МЗ, МТЦГ, МОСВ, свързани с приложенията на физическите фактори в медицината или с прилагането им в технологии в работната и в околната среда.

Необходимо е разработването на нови програми по двете специалности по медицинска физика, за да се отговори на изискванията на практиката, както и на новите насоки, предложени в документи на EFOMP.

Необходимо е също да се изравнят правата на медицинските физици от двете специализации, като „медицинските санитарни физици“ да бъдат включени в класификацията на професиите, както това е направено за „медицинските радиологични физици“.

## КНИГОПИС / REFERENCES

1. Addendum to EFOMP PS No. 14 (2020): The Role of the Medical Physicist in the Management of Safety Within the Magnetic Resonance Imaging Environment: EFOMP Recommendations, 2012.
2. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC.

### Адрес за кореспонденция:

Проф. Мишел Израел, дм  
Национален център по общественото здраве и анализи  
Бул. Акад. Иван Гешов №15,  
София 1431  
e-mail: michelisrael@abv.bg

## CONCLUSION

In conclusion, postgraduate training in medical physics in our country has traditions and is based on the need of specialists - physicists in various fields of medical science and practice. Some of them find their place in the clinics - in the departments of diagnostics and therapy with ionizing radiation (those who graduated in „medical radiological physics“), while „medical sanitary physicists“ - in various scientific and control units of the MH, MLSP, MEW, related to the applications of physical factors in medicine or their application in technologies in the workplace and in the environment.

It is necessary to develop new programs in both specialties in medical physics in order to meet the requirements of practice, as well as the new guidelines proposed in EFOMP documents.

It is also necessary to equalize the rights of medical physicists in both specialties, such as „medical sanitary physicists“ to be included in the classification of occupations, as it has been done for „medical radiological physicists“.

3. Guidelines on medical physics expert. (Radiation protection 174), European Commission, 2014 (4).
4. Sullivan DC, et al., Metrology Standards for Quantitative Imaging Biomarkers. Radiology, 2015, 277(3):813-825.
5. Наредба № 1 от 22.01.2015 г. за придобиване на специалност в системата на здравеопазването, Държавен вестник, бр. 7 от 2015 г.  
Ordinance № 1 of 22.01.2015 on the acquisition of a specialty in the healthcare system, State Gazette, No.7 of 2015

### Address for correspondence:

Prof. Michel Israel, MD  
National Center of Public Health and Analyses  
15, Acad. Ivan Geshov Blvd.  
Sofia 1431  
e-mail: michelisrael@abv.bg

# ЦЕНТЪР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОЕКТИ – КЛЮЧОВ ИНСТРУМЕНТ ЗА УСПЕШНИ ПРОЕКТНИ ДЕЙНОСТИ НА ВИСШИТЕ УЧИЛИЩА

Янита Черногорова

Център за симулационна техника и медицинска  
апаратура, Медицински университет – Варна

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Продължилата 7 години рамкова програма „Хоризонт 2020“ за безвъзмездно финансиране на изследователски проекти стана източник на огромна база данни за анализ на научните постижения на международни и български институции. На ниво ЕС най-голямо процентно участие в проектите имат образователните организации, докато в България те са едва на трета позиция, с дял 25,3%. Резултатите показват, че компетенциите на изследователските колективи във висшите училища (ВУ) в страната са далеч под средноевропейското ниво и пътят към повишаване на успеваемостта на проектните предложения минава през различни механизми за подкрепа на екипите. Застанали на прага на новата 7-годишна РП „Хоризонт Европа“, с амбицията да се повиши качеството на научната продукция, е наложително ВУ да анализират възможностите си за институционална подкрепа на проектната дейност.

**Цел:** Целта на това изследване е да се проучат функциите на международните офиси за управление на проекти (ОУП) и да се направи оценка на дейността на центровете за управление на проекти във висшите училища в България.

**Материал и методи:** Извършено е литературно проучване по ключовите думи: „project management office“, „role of PMO“, „type of PMO“. Литературното проучване е проведено в Google и Scopus базата данни.

**Резултати:** Центровете за управление на проекти във ВУ чрез определени дейности могат да подпомагат научните екипи във всяка фаза на жизнения цикъл на проекта.

**Заключение:** Оптимизирането на дейностите на центровете за управление на проекти ще подобри условията за развитие на проектна дейност и ще бъде предпоставка за разгръщане на научния потенциал на изследователските екипи, респективно ще повиши успеваемостта на проектните предложения.

**Ключови думи:** център за управление на проекти, управление на проекти, роля на центъра за управление на проекти, видове центрове за управление на проекти

# PROJECT MANAGEMENT CENTER - A KEY TOOL FOR SUCCESSFUL PROJECT ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Yanita Chernogorova

Center for simulation technology and medical  
equipment, Medical University of Varna

## ABSTRACT

**Introduction:** The 7-year Framework Program Horizon 2020 for research projects has become a source of a huge database for analysis of scientific achievements of international and Bulgarian institutions. At the EU level, the largest percentage of projects' participation have educational organizations, while in Bulgaria they are only in third place. The results show us that the competencies of research teams in higher education institutions (HEIs) in Bulgaria are far below the European average and the way to increase the success of project proposals goes through various mechanisms to support teams. At the beginning of the new „Horizon Europe“ program, with the ambition to increase the quality of scientific production, HEIs are obliged to analyze their opportunities for institutional support of project activities.

**The purpose:** The purpose of this study is to investigate the functions of the International Project Management Offices (PMOs) and to evaluate the activities of the Centers for Project Management in HEIs in Bulgaria.

**Material and methods:** A literature study was conducted on the key words: „project management office“, „role of PMO“, „type of PMO“ in the Google and Scopus database.

**Results:** The Centers for project management in HEIs can support the research teams in each phase of the project life cycle through certain activities.

**Conclusion:** The Centers for project management are an important tool for supporting the scientific activity in HEIs, and the optimization and expansion of the range of services offered by these units will improve the environment for project development.

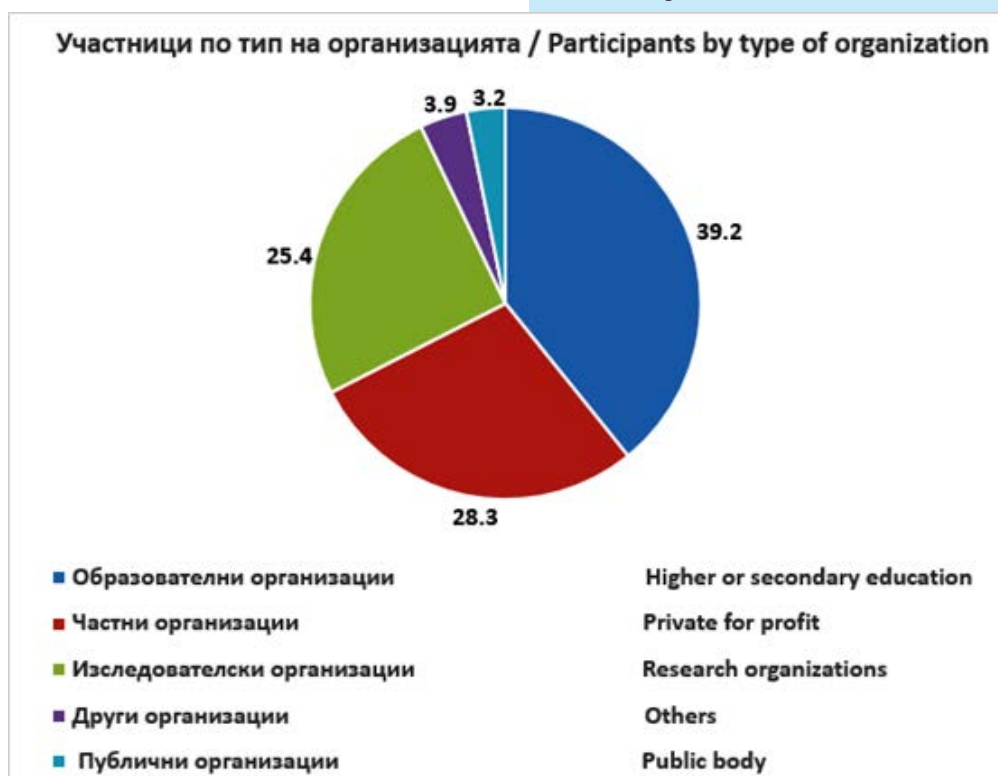
**Key words:** Center for Project Management, project management office, project management, role of the project management office, types of project management offices



## ВЪВЕДЕНИЕ

През 2021 година се подписват последните договори за финансиране на проекти по рамкова програма „Хоризонт 2020“. Продължилата 7 години (2014- 2020 г.) програма за безвъзмездно финансиране на изследователски проекти, стана източник на огромна база данни за анализ на научните постижения на международни и български институции. Европейският съюз (ЕС) създаде и поддържа интернет страница със статистически данни за всички финансирани проекти и участници по рамкова програма „Хоризонт 2020“. Информационното табло представя разпределението на участниците по тип на организацията, класифицирано в следните групи: образователни; частни; изследователски; публични; други организации (1).

**Фигура 1.** Разпределение на участниците по тип на организацията



На фона на общата за ЕС статистика (фиг. 1), тази за страната ни е с различно дялово съотношение на участие в рамковата програма по тип организации. Докато на ниво ЕС най-голямо процентно участие в проектите имат образователните организации, то в България те са едва на трета позиция с дял 25,3%, водени от частните (32,7%) и научните (29,8) организации. Публичните организации са с участие от 7,1%, а останалите 5,1% са за други организации. Резултатите показват, че компетенциите на изследователските колективи във висшите училища (ВУ) в страната са далеч под средноевропейското ниво и пътят към повишаване успеваемостта на проектните предложения минава през различни механизми за подкрепа на екипите.

## INTRODUCTION

In 2021, the last contracts for financing projects under the Horizon 2020 Framework Program will be signed. The 7-year (2014 to 2020) program for grant funding of research projects has become a source of a huge database for analysis of scientific achievements of international and Bulgarian institutions. The European Union (EU) has created and maintains a website with statistics on all funded projects and participants under the Horizon 2020 Framework Program. The dashboard presents the distribution of participants by type of organization, classified in the following groups: Educational organizations (higher and secondary education); Private organizations; Research organizations; Other organizations; Public organizations (1).

**Figure 1.** Distribution of participants by type of organization

Against the background of the general EU statistics (fig. 1), those for our country have a different share of participation in the framework program by type of organization. While at the EU level the largest percentage of projects' participation have educational organizations, in Bulgaria they are only in third place with a share of 25.3%, led by private (32.7%) and research (29.8) organizations. Public organizations have a participation of 7.1%, and the remaining 5.1% are for other organizations. The results come to show us that the competencies of research teams in higher education institutions (HEIs) in the country are far below the European average and the way to increase the success of project proposals goes through various mechanisms to support teams.

Държавата предвижда механизми за подпомагане разработването на проекти от български колективи по европейски програми, както и провеждането на консултации при изпълнението и отчитането на тези проекти. Подобни мерки са похвални, но предвид мащабите на потребностите съвсем резонен е въпросът: В силно конкурентната образователна среда, ВУ могат ли да заложат своето научно развитие, разчитайки единствено на държавна подкрепа или имат инструменти, с които да дадат тласък на този прогрес и да повишат научната и проектната си производителност? Отговорът за тези ВУ, които работят за непрекъснатото повишаване качеството на образованието, имиджа и рейтинга на институцията, е в търсенето не само на външни, но и на вътрешни механизми, които биха повлияли този процес.

Застанали на прага на новата 7-годишна РП „Хоризонт Европа“, с амбицията да се повиши качеството на научната продукция, е наложително ВУ да анализират възможностите си за институционална подкрепа на проектната дейност, предвид крайно незадоволителното представяне на образователните ни организации в предходната РП и подчертано негативното разминаване от средните за Европа резултати. В условията на неотложност, често най-удачен е подходът на адаптиране на вече разработени механизми към собствените условия, възможности и нужди. Вземайки предвид тези условия, можем да приемем, че подобрени инструменти за въздействие, разписани в национални стратегически документи, са целесъобразно средство, което ВУ могат с лекота на часа да приложат, за да подобрят вътрешната си среда за успешно развитие на проектната дейност. Позитивите от избора за действие в тази насока са няколко:

- Мерките могат да бъдат приложени веднага;
- Съобразени са с актуалното състояние на средата;
- Подборът им е от експертен екип, на базата на обширен анализ;
- Не противоречат на нормативните актове на страната.

Основните лостове за въздействие на държавата са финансови и нормативни. Наред с тях, в стратегическите документи са предвидени други механизми (например структурни и административни реформи), които могат да са базис за разработването на аналогични модели и процеси на ниво университет. Например в Националната стратегия за развитие на научните изследвания за 2017 – 2030 г. е обърнато особено внимание на ролята и значението на центровете, свързани с научноизследователска и развойна дейност (2). Тези звена фигурират на всички нива в системата – международно, национално, регионално и институционално. Визията на Стратегията е чрез изграждането на регионални научни центрове да се постигне териториален баланс на научния капацитет, а съществен принос в сътрудничеството университет – бизнес ще имат по-ефективно работещи междинни посреднически звена, като центрове за трансфер на технологии към научните институции и идентични отдели в индустрията. Подобни центрове за проекти (научна дей-

Mechanisms to support Bulgarian teams' performance in applying for grants for research projects under European programs have been envisaged by the state, as well as consultations on the implementation and reporting of running projects. Such measures are commendable, however, the desperate needs raise question: In a highly competitive educational environment, can HEIs commit to their scientific development relying solely on government support or do they have the tools to boost this progress and increase their scientific and project productivity? For those HEIs that continuously work for improvement of the quality of education, image and rating of the institution, the answer is in the exploration both for external and internal mechanisms that would influence this process.

At the beginning of the new 7-year FP „Horizon Europe“, with the ambition to increase the quality of scientific production, HEIs are obliged to analyze their opportunities for institutional support of project activities. This commitment is further strengthened by the extremely unsatisfactory performance of Bulgarian educational organizations in the previous FP and the negative discrepancy compared to the European average. In case of urgent response to the circumstances, adapting of existing mechanisms to own conditions, possibilities and needs is often the most appropriate approach. Given the above, we can assume that HEIs can borrow selected instruments for impact that are part of the toolkit of national strategic programs, in order to improve their internal environment for project activities. Choosing this approach brings several advantages:

- The measures can be implemented immediately;
- Measures are tailored to the current state of the environment;
- Measures have been selected by an expert team, based on extensive analysis;
- Measures do not contradict the country's regulations.

The main levers of influence of the state are financial and regulatory. In addition, the strategic documents provide for other mechanisms (such as structural and administrative reforms) that can be the basis for the development of similar models and processes at the university level. For example, the National Strategy for the Development of Research for 2017 - 2030 pays special attention to the role and importance of the Centers related to research and development (2). These units appear at all levels in the system - internationally, nationally, regionally and institutionally. The vision of the Strategy is to achieve a territorial balance of scientific capacity by developing regional research centers. Moreover, a significant contribution to university-business collaboration will be made by more efficient intermediaries, such as technology transfer centers at research institutions and identical departments in industry. Similar centers for projects (scientific) activity have been established and functioning in all HEIs, but

ност) има разкрити във всички ВУ, но досега не е правено проучване на дейностите им и доколко изпълняват роля на контактно с бизнеса звено.

## ЦЕЛ

Целта на това изследване е да се проучат функциите на международните офиси за управление на проекти (ОУП) и да се направи оценка на дейността на центровете за управление на проекти във висшите училища в България.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Извършено е документално проучване на наличната и достъпна специализирана литература относно офисите за управление на проекти. Ключовите думи, използвани в търсенето, са: „project management office“, „role of PMO“, „type of PMO“. Литературното проучване е проведено в Google и Scopus базата данни. Данните обхващат дейностите, които се извършват в ОУП, различните типове структури и ролята им за висшите училища. При определянето на дейностите на ОУП в различните фази на жизнения цикъл на проекта е приложен количествен анализ на базата на проучените ОУП от топ 20 университета от базата данни на ЕС, с най-голям брой участия в проекти по рамковата програма „Хоризонт 2020“.

## РЕЗУЛТАТИ

Познатите у нас центрове за научна/проектна дейност във ВУ са популярни в науката за управление на проекти като Офис за управление на проекти (Project Management Office). В Ръководство за система от знания за управление на проекти на Института по управление на проекти (Project Management Institute - PMI) се дефинира понятието ОУП като „Организационна структура, която стандартизира свързаните с проектите процеси на управление и улеснява споделянето на ресурси, методологии, инструменти и техники“ (3). Дефиницията е допълнена с категоризирането на три типа ОУП въз основа на степента на контрол и влияние, което имат върху проектите: подкрепящи, контролни и управленски.

- Подкрепящият ОУП действа като хранилище (регистър) за проектите на организацията и осигурява подкрепа винаги, когато е необходима. Този тип офис предоставя стандартни бланки, насоки за внедряване на най-добрите практики, провежда обучения и т.н. С други думи, играе консултативна роля и упражнява много ниско ниво на контрол върху проектите.
- Контролиращият ОУП прави всичко, което прави подкрепящият ОУП, но функциите му са разширени чрез силата да налага спазването на организационни практики като например методологии за управление на проекти или специфични инструменти. Контролиращият ОУП упражнява умерено ниво на контрол върху проектите.
- Управленският ОУП, както подсказва името, има ръководни правомощия. Тази категория офиси имат мно-

so far no study has been conducted of their activities and the extent to which they act as a contact point with the business.

## THE PURPOSE

The purpose of this study is to investigate the functions of the International Project Management Offices (PMOs) and to evaluate the activities of the Centers for Project Management in higher education institutions in Bulgaria.

## MATERIAL AND METHODS

A documentary study of the available and accessible specialized literature on Project Management Offices was conducted. The key words used in the search are: „project management office“, „role of PMO“, „type of PMO“. The literature study was conducted in the Google and Scopus database. The data cover the activities carried out in PMOs, the different types of structures and their role for higher education institutions. In order to determine the activities of the PMO in the five phases of the project life cycle, a quantitative analysis was applied based on the services provided by PMOs of the top 20 Universities according to the EU database, with the largest number of participations in projects under Horizon 2020.

## RESULTS

The well-known Centers for research / project activity in universities in our country are popular in the project management scientific field as the Project Management Office. The guide to the project management body of knowledge defines the PMO as „a management structure that standardizes the project-related governance processes and facilitates the sharing of resources, methodologies, tools, and techniques“ (3). The definition is supplemented by the categorization of three types of PMO based on the degree of control and influence they have on projects: supportive, controlling and directive.

- The Supportive PMO registers the organization's projects and provides support whenever needed. This type of office provides standard templates, guidelines for implementing best practices, conduct trainings, etc. In other words, it plays an advisory role and perform a very low level of control over the projects.
- The Controlling PMO's functions are expanded by the power to enforce organizational practices such as project management methodologies or specific tools. This type of PMO acts a moderate level of control over the projects.
- The Directive PMOs, as the name suggests, has managerial powers. This category of offices have a very high degree of control or complete control over the projects, while providing resources and support



го висока степен на контрол или пълен контрол върху проектите, като същевременно предоставят ресурси и подкрепа за управлението им. Управленският офис носи отговорност за резултатите от проектите, затова мениджърите на проекти се назначават от офиса и отчитат дейността си на офиса.

Категоризация на ОУП правят и от Gartner макар да подчертават, че няма приет стандарт и най-добрият ОУП е този, който е пригоден да поддържа организационните нужди на ниво. Този, който компанията може да възприеме и от който да реализира полза.

Gartner идентифицират 4 типа ОУП, съобразно нивото на контрол, което може да упражняват и обхвата на дейностите им (4):

- Активно ОУП – проучва проектни казуси и предложения за изпълнението им за съответствия с целите на организацията, за потенциални рискове, като по този начин подпомага вземащите решения. Следи статуса на всички проекти и може да предлага/поиска мерки за действие. Този тип ОУП е подходящ за организации, които са ориентирани към бизнес проекти.
- ОУП за доставка на проекти – според Gartner поне 40% от ОУП са от този тип, което ги прави най-често срещаният. Тези структури са натоварени с планирането и контрола на тактическото изпълнение на проекти, съобразено с очакванията на бизнеса. Ръководителите се насърчават да управляват проактивно своите проекти.
- ОУП за съответствие - основната цел на създаването на такива ОУП е да се установят стандартни практики за измерване на изпълнението на проекти и познаване на състоянието на ключови проектни инициативи. Не случайно, този тип ОУП са избор на организации, където липсват документация, процедури и/или методологии.
- Централизиран ОУП – както подсказва името, упражняват най-голям контрол и концентрират най-много дейности. Създават се в организации, където нивото на управление на проекти е в начално ниво на развитие, а ангажираните в дейността служители са ключови за организацията. За да се превъзмогне тази зависимост и да се повиши ефективността, ръководството привлича нови изпълнители или представители на различни организации, които да споделят своите най-добри практики.

Макар две уважавани организации (PMI, Gartner) да предлагат класифициране на ОУП, все още липсват рамки, които да опишат правилно спецификациите и функционирането на ОУП (5). Внедряването на нова структура на ОУП изисква добро разбиране на основните характеристики, които трябва да бъдат разработени и следователно е полезно да се очертаят рамките, в които ще се оказва подкрепа на управлението. В този ред на мисли, ОУП трябва да се разглежда като допълваща и подкрепяща единица, съобразена с организационната стратегия, а

for their management. The management office is responsible for the results of the projects, so the project managers are appointed by the office and report on their activities to the office.

Gartner also categorizes PMOs, although they emphasize that there is no accepted standard and the best PMO is the one that is adapted to maintain organizational needs at a level that the company can perceive and benefit from.

Gartner has identified 4 types of PMOs, according to the level of control they can perform and the scope of their activities (4):

- The Activist PMO - studies project cases and proposals for their implementation for compliance with the objectives of the organization, for potential risks, thus supporting decision makers. It monitors the status of all projects and can propose / request action measures. This type of PMO is suitable for organizations oriented to business projects.
- The Delivery PMO - according to Gartner, at least 40% of PMOs are of this type, which makes them the most common. These structures are responsible for planning and controlling the tactical implementation of projects in accordance with business expectations. Managers are encouraged to proactively manage their projects.
- The Compliance PMO - the main purpose of creating such PMO is to establish standard practices for measuring the implementation of projects and tracing the status of key project initiatives. Not coincidentally, this type of Master Plan is a choice of organizations where documentation, procedures and / or methodologies are lacking.
- The centralized PMO- as the name suggests, these PMOs execute the greatest control and concentrate the most activities. They are created in organizations where the level of project management is at an early stage of development, and the employees involved in the project's activities are key members for the organization. To overcome this dependence and increase efficiency, management attracts new individuals or representatives of different organizations to share their good practices.

Although two reputable organizations (PMI, Gartner) propose a classification of the PMOs, there is still no framework to correctly describe the specifications and operation of the PMOs (5). The implementation of a new PMO structure requires a good understanding of the main features that need to be developed and it is therefore useful to outline the framework within which management will be supported. Taking this into account, the PMO should be seen as a complementary and supportive unit in line with the organizational



ниво на функционалност на ОУП трябва да бъде функция на стратегията (6). Нещо повече, когато ОУП е дълбоко вграден в приемащата си организация следва двете да се развиват паралелно (7). В контекста на последното и на разгледаните по-горе стратегически и нормативни промени в сектора, е наложително адаптирането на центровете за проекти във ВУ към промените във външната и/или вътрешната им среда.

Поставени под нарастващия натиск на външната среда, ВУ в България следва да адаптират практиките си за управление на проекти чрез прилагане на подходящи процеси и методологии, като част от тяхната цялостна стратегия и като критичен фактор в развитието на конкурентни предимства. Едно усилие в организационното управление на проекти, което повечето ВУ са осъществили във времето, е създаването и включването на нов субект, ОУП (8), който може да се появи или самостоятелно в организация, или като множество ОУП, натоварени с различни задачи по управление на проекти и обхват на дейностите (9). Модернизирането на центровете за проекти може да превърне тези звена в ключови за развитието на университета. За пряката връзка между дейността на ОУП и проектните резултати на организациите има редица изследвания. Според Spalek (10) ОУП са активен посредник в отношенията със заинтересованите страни по проекта и са определени като критичен фактор за успеха (10). Изследването идентифицира три области, в които са групирани факторите, влияещи върху успеха на проекта: (а) методи, използвани при управлението на проекти, (б) хора, участващи в проекти, и (в) организационен контекст, в който ОУП, интегриран в организационната структура, може да играе важна роля. В подкрепа на последното са изводите от разработката на Fernandes et al. (11), които твърдят че развитието на разкрита инфраструктура за управление на проекти, като например ОУП или подобна структура, подобрява представянето и успеха на проектите и следователно стойността на организацията. Екипът развива изследванията си и в посока ролята на ОУП в изграждането на сътрудничество между университета и бизнеса като аргументират тезата, че ОУП могат да убедят индустрията, че ВУ е надежден партньор и същевременно да пренасочат научните изследвания към реалните нужди на бизнеса (12).

Създаването на ОУП може да бъде решение за намаляване на неуспехите на проектната дейност (8,13), тъй като много от грешките, направени по време на управлението на даден проект, вече са били допуснати в други проекти, често с различни екипи. Трансферът на информация между проекти, поуките които могат да се извлекат и да се получат съвети на базата на натрупан опит, са обект на изследване и на Nobeoka & Cusumano (14). В проучването си върху 210 проекта, те стигат до извода, че ефективното управление на множество проекти изисква някои възможности, включително определени организационни структури и процеси, които са различни от тези, използвани за управление на отделни проекти. По-добрата проследимост и поглед върху проектите в ОУП, улеснява

strategy, and the level of functionality of the PMO should be a function of the strategy (6). Moreover, when the PMO is deeply embedded in the host organization, the two should develop in parallel (7). In the context of the latter and of the strategic and regulatory changes in the sector discussed above, the adaptation of the Centers for projects management in HEIs to the changes in their external and / or internal environment is imperative.

Under increasing pressure from the external environment, HEIs in Bulgaria should adapt their project management practices by applying appropriate processes and methodologies, as part of their overall strategy and as a critical factor in the development of competitive advantages. One effort in the organizational management of projects that most HEIs have made over time is the creation and inclusion of a new entity, the PMO (8), which can appear either independently in an organization or as multiple PMOs assigned with different managerial tasks and activities (9). The modernization of the Centers for project management can make them key units for the growth and development of the university. There are several studies on the direct relationship between the activities of the PMO and the project's results of the organizations. According to Spalek (2012), the PMO is an active mediator in the relations with the stakeholders of the project and has been identified as a critical factor for the success (10). The study determines three areas in which the factors influencing project's success are grouped: (a) methods used in project management, (b) people involved in projects, and (c) the organizational context in which the PMO integrated into organizational structure can play an important role. These findings are supported by the work of Fernandes et al. (11), who argue that the establishment of a project management unit, such as a PMO or similar structure, improves the performance and success of projects and increases the value of the organization. The author also develops its research towards the role of the PMO in building collaboration between the university and business, suggesting that the office can gain the confidence of the industry that the University is a reliable partner (12). At the same time, collaboration academia – business can focus research on real business needs.

The creation of a PMO can be a solution to reduce project failures (8,13), as many of the mistakes made during project management have already been made in other projects, often with different teams. The knowledge transfer between projects, the lessons that can be learned and advised based on experience gained, are the subject of research by Nobeoka & Cusumano (14). In their study of 210 projects, they concluded that the effective management of multiple projects requires certain capabilities, including particular organizational structure and processes that are different from those used to manage single projects. In addition, better traceability and visibility of projects in the PMO's

комуникацията между екипите и топ мениджмънта (15).

Наред с проучванията, излагащи доказателства за ролята на ОУП в организациите, редица изследвания представят изключителното разнообразие както във формата, така и във функцията на ОУП. Представени резултати от анкетно проучване на 500 ОУП показват, че те действително се различават значително един от друг и че промяната не се ограничава до малка група свойства или характеристики (16). ОУП показва значителни вариации в много характеристики, като по този начин образува безброй възможни форми, които ОУП могат да приемат. Това развива разнообразие, което е трудно да се намали до малък брой модели. Например проведено обширно литературно проучване идентифицира 47 модела на ОУП като след групиране се свеждат до 25 модела (17). Систематизирането е на базата на 3 показателя: структура на звеното, роля и значимост (стойност) за организацията. В тази връзка, важно е да се проучи структурата на ОУП, която да се прилага, като се вземат предвид различните фактори, които могат да повлияят на нейния успех в организацията (18). Много организации създават ОУП без ясна цел за неговото прилагане (19) и без ясно дефиниране на функциите и отговорностите в рамките на организацията. Разнообразието в организационните структури, цели и възможности, както и непрекъснато променящият им се характер, прави невъзможно създаването на стандартизиран модел на ОУП (8).

По отношение на ролята на ОУП разнообразието също е голямо. Много компании, внедрили един или повече ОУП като част от организационното управление на проекти, им приписват различни оперативни, тактически и стратегически роли (20). На оперативно ниво ОУП осигурява основна централизирана подкрепа за отделни проекти и гарантира професионализъм и съвършенство при прилагане на широко приети принципи и предпочитани практики за управление на проекти към всеки проект (21). На тактическо ниво ОУП услугите осигуряват допълнителна добавена стойност чрез координиране на множество проекти и управление на междупроектните зависимости. И накрая, стратегическото ОУП включва всички аспекти на оперативното и тактическото ОУП и също така разполага с правомощия да дава приоритет на проекти, свързани с целите и стратегиите на организацията и да консултира висшето ръководство при вземането на решения относно моментната уместност за инвестиции в проекти (18). Тук е важно да не се бъркат и да се направи разграничение между дискутираните нива и тези на управлението на организацията. Стратегическото управление на организацията е това, което трябва да определи нивото на функциониране на ОУП, съобразно нуждите си.

facilitates communication between teams and top management (15).

Along with studies presenting evidence for the role of the PMO in organizations, a number of analysis show the exceptional diversity both in the form and in the function of the PMO. The results of a survey of 500 PMOs reveal that they significantly differ from each other and changes are not limited to a small group of features or characteristics (16). The PMO shows significant variations in many characteristics, thus forming a myriad of possible forms that the PMO can take. This develops a variety that is difficult to reduce to a small number of models. For example, an extensive literature study identified 47 models of PMOs, reducing them to 25 models after grouping (17). The systematization is based on 3 indicators: structure of the unit, role and significance (value) for the organization. In this regard, it is important to examine the structure of the PMO to be applied, taking into account the various factors that may affect its success in the organization (18). Many organizations establish a PMO without an understandable goal for its implementation (19) and without a clear definition of the functions and responsibilities within the organization. The variety of organizational structures, goals and potential, as well as their constantly changing nature, makes creation of a standardized model of the PMO impossible (8).

With regard to the role of the PMO, there is also great diversity. Many companies that have implemented one or more PMOs as part of organizational project management, credit different operational, tactical and strategic roles to them (20). At the operational level, the unit provides basic centralized support for single projects and ensures professionalism and excellence in the application of widely accepted principles and preferred project management practices (21). At the tactical level, the PMO services provide supplementary added value by coordinating multiple projects and managing inter-project dependencies. Finally, at the strategic level, the PMO covers all aspects of the operational and tactical level and also has the authority to give priority to projects related to the organization's goals and strategies, and to advise top management in deciding on current investment opportunities (18). It is important not to confuse but to distinguish between the levels discussed and those of the organization's management. The strategic management of the organization is what should determine the level of functioning of the PMO, according to institution needs.

## ОБСЪЖДАНЕ

Центровете за управление на проекти трябва да се разглеждат като допълващи и подкрепящи единици, функция на стратегията на организацията. В този ред на мисли, внедряването на нова или оптимизирането на съществуваща структура на ОУП изисква добро разбиране на фазите на жизнения цикъл на проекта от една страна и ясна представа за рамката, в която ще се оказва подкрепа на управлението на проекта от друга страна.

В науката за управление на проекти най-широко приет е моделът с петте фази, който включва: инициране, планиране, изпълнение, мониторинг и контрол, приключване.

В Таблица 1 са представени дейности на ОУП, характерни за университети, привлекли значителни средства за проектна дейност. На базата на емпиричните познания на автора, отделните дейности на ОУП са свързани с конкретна фаза от жизнения цикъл на проекта.

**Таблица 1.** Дейности на ОУП, свързани с фазите на жизнения цикъл на проекта

| Фази на жизнения цикъл                                                                                                                                                                                                                  | Дейности на ОУП                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Инициране</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Определяне целите на проекта;</li> <li>Създаване на конкретен случай;</li> <li>Определяне на заинтересованите лица.</li> </ul>                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Периодично издаване на информационен бюлетин за предстоящи/отворени конкурси;</li> <li>Съдействие при преминаване през всички стъпки на вътрешно одобрение на идеята;</li> <li>Предоставяне на информация за ресурсна осигуреност на проектното предложение;</li> <li>Осъществяване на контакти с потенциални участници в проекти – вътрешни и външни.</li> </ul>                                                                                                                                                                                |
| <b>Планиране</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Определяне на обхвата;</li> <li>Създаване на план на проекта;</li> <li>Определяне на бюджета;</li> <li>Дефиниране на участниците, ролите и отговорностите.</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Съдействие при дефинирането на ползите/въздействието от институционална гледна точка;</li> <li>Помощ при идентифицирането на рисковете от институционална гледна точка;</li> <li>Предоставяне на детайлна информация за актуалните ресурси на организацията;</li> <li>Съдействие при попълване и подаване на проектната документация.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Изпълнение</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Разпределяне и управление на средствата;</li> <li>Управление на ресурсите;</li> <li>Изпълнение на планираните дейности;</li> <li>Разрешаване на възникнали въпроси.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Подкрепа при управлението на ресурсите (придобиване на оборудване, материали, услуги);</li> <li>Административно управление на проекта;</li> <li>Съхранение на документи;</li> <li>Съдействие при изготвяне на отчети;</li> <li>Съдействие при одити;</li> <li>Консултация при възникване на въпроси свързани с интелектуална собственост;</li> <li>Съдействие при подаване на заявки за патенти;</li> <li>Помощ при разпространение на резултатите;</li> <li>Помощ при организирането на събития, свързани с проектната дейност и др.</li> </ul> |
| <b>Мониторинг и контрол</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Проследяване на разходите/бюджета;</li> <li>Проследяване изпълнението на дейностите;</li> <li>Гарантиране на спазването на плана.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Контрол при изразходване на средствата;</li> <li>Съхранение на заявки и одобрения за промяна на обхват, бюджет, дейности и др. Ключови параметри по проекта;</li> <li>Създаване на вътрешни правила за мониторинг и контрол.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Приключване</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Общ преглед на всеки аспект на проекта;</li> <li>Приемане на резултатите;</li> <li>Архивиране на документацията.</li> </ul>                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Съдействие и предоставяне на данни при изготвяне на финален отчет на проекта;</li> <li>Поддържане на регистър на приключилите проекти;</li> <li>Архивиране и съхранение на документацията на проекта.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

## DISCUSSION

Centers for project management should be considered as complementary and supporting units, a function of the organization's strategy. In this line of thinking, the implementation of a new or optimization of the existing structure of the PMO requires a good understanding of the phases of the project life cycle on the one hand and a clear idea of the framework in which project management will be supported on the other hand.

The most widely accepted and well-known is the five-phase model, which includes: initiation, planning, implementation, monitoring and control, completion.

Table 1 presents services of PMOs typical for Universities which have attracted significant amount of funds for science and manage multiple projects. Based on the empirical knowledge of the author of the study, the particular activities of the PMO are linked to a specific phase of the project life cycle.

**Table 1. PMO activities related to the phases of the project life cycle.**

| 5 phases of project management                                                                                                                                                                                                 | PMO's activities                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Initiation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Defining the objectives of the project;</li> <li>Creating a specific case;</li> <li>Identification of stakeholders.</li> </ul>                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Periodic information bulletin for upcoming/open calls;</li> <li>Assistance in going through all the steps of internal approval of the idea;</li> <li>Providing information on resource provision of the project proposal;</li> <li>Making contacts with potential project participants - internal and external.</li> </ul>                                                                                                                                                                                  |
| <b>Planning</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determining the scope;</li> <li>Creating a project plan;</li> <li>Determining the budget;</li> <li>Defining the participants, roles and responsibilities.</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Assistance in defining the benefits / impact from an institutional point of view;</li> <li>Assistance in identifying risks from an institutional point of view;</li> <li>Providing detailed information about the current resources of the organization;</li> <li>Assistance in filling in and submitting the project application</li> </ul>                                                                                                                                                                |
| <b>Implementation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Allocation and management of funds;</b></li> <li>Resource management;</li> <li>Implementation of the planned activities;</li> <li>Resolving issues.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Support in resource management (acquisition of equipment, materials, services);</li> <li>Administrative management of the project;</li> <li>Storage of documents;</li> <li>Assistance in preparing reports;</li> <li>Assistance with audits;</li> <li>Consultation on issues related to intellectual property;</li> <li>Assistance in filing patent applications;</li> <li>Assistance in disseminating the results;</li> <li>Assistance in organizing events related to project activities, etc.</li> </ul> |
| <b>Monitoring and Controlling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tracking costs / budget;</li> <li>Monitoring the implementation of activities;</li> <li>Ensuring compliance with the plan.</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Control over the spending of funds;</li> <li>Storage of requests and approvals for changes in scope, budget, activities, etc. Key project parameters;</li> <li>Creation of internal rules for monitoring and control.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Closing</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Overview of each aspect of the project;</b></li> <li>Acceptance of results;</li> <li>Archiving the documentation.</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Assistance and provision of data in the preparation of the final report of the project;</li> <li>Maintaining a register of completed projects;</li> <li>Archiving and storage of project documentation.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Центровете за управление на проекти са важен инструмент за подпомагане на научната дейност във ВУ, а оптимизирането на дейността им и разширяване кръга на предлаганите от тези звена услуги, ще подобри условията за развитие на проектна дейност и ще бъде предпоставка за разгръщане на научния потенциал на изследователските екипи, респективно ще повиши успеваемостта на проектните предложения. Функциониращите центрове за проекти във ВУ са подходящи структури за прилагане на механизми за подкрепа на научните колективи тъй като:

- Имат изградена административна и управленска структура;
- Това са звената с най-голям опит в управлението на проекти в рамките на организацията;
- Съхраняват регистри и данни на реализирани и действащи проекти, които могат да бъдат: а) източник на информация за анализ; б) репозиториум;

## CONCLUSION

The Centers for project management are an important tool for supporting the scientific activity in HEIs, and the optimization and expansion of the range of services offered by these units will improve the environment for project development. This is a prerequisite for developing the scientific potential of research teams, respectively for increasing the success of project proposals. The functioning Centers for project management in HEIs are appropriate structures for the implementation of mechanisms to support research teams, due to:

- They have an established administrative and managerial structure;
- These are the most experienced units in project management within the organization;
- Store registers and data of implemented and running projects, which can be: a) a source of information for analysis; b) repository;



- Имат потенциала да се превърнат в посредническото звено при колаборацията с бизнеса;
- Имат потенциала да са комуникационна точка в хоризонтала (между екипите) и вертикала (с аналогични звена на регионално и национално ниво).

## КНИГОПИС / REFERENCES

1. EC. Dashboard Key Figures. Retrieved from Webgate EC Europa EU, 2021.  
<https://webgate.ec.europa.eu/dashboard/sense/app/a976d168-2023-41d8-acec-e77640154726/sheet/0c8af38b-b73c-4da2-ba41-73ea34ab7ac4/state/0>
2. Министерски съвет. Стратегически документи. Retrieved from Портал за обществени консултации, 2017.  
<https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1231>
3. PMI. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide) (6-th ed.). Project Management Institute, Inc. 2017.
4. Pettet, C. 4 Types of Project Management Offices That Deliver Value. Information Technology. 2019, 3/ 28. Retrieved from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/4-types-of-project-management-offices-that-deliver-value>
5. Philbin, S. P. 37th American Society for Engineering Management (ASEM) International Annual Conference. Exploring the Project Management Office (PMO)–Role, Structure and Processes, 2016. (pp. 1-11). Charlotte (NC), USA.
6. Anantamula, V., & Rad, P. 2013 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE) & IEEE International Technology Management Conference. Linkages Among Project Management Maturity, PMO, and Project Success. 2013. doi:10.1109/itmcc.2013.7352602
7. Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. The contribution of the project management office to organisational performance. International Journal of Managing Projects in Business, 2009, 2(1), 141-148. doi:10.1108/17538370910930563
8. Hobbs, B., Aubry, M., & Thuillier, D. The project management office as an organisational innovation. International Journal of Project Management, 2008, 26(5), 547-555. doi:10.1016/j.ijproman.2008.05.008
9. Tsaturyan, T., & Müller, R. Integration and governance of multiple project management offices (PMOs) at large organizations. International Journal of Project Management, 2015, 33(5), 1098-1110. doi:10.1016/j.ijproman.2015.01.003
10. Spalek, S. The role of project management office in the multi-project environment. International Journal of Management and Enterprise Development, (2012, 12(2), 172-188. doi:10.1504/IJMED.2012.047891
11. Fernandes, G., Ward, S., & Araújo, M. Developing a Framework for Embedding Useful Project Management Improvement Initiatives in Organizations. Project Management Journal, 2014, 45(4), 81-108. doi:10.1002/pmj.21441

### Адрес за кореспонденция:

Янита Черногорова  
Медицински университет „Проф. д-р Параскев Стоянов“ – Варна  
Ул. Марин Дринов 55, Варна, България  
e-mail: [yanita.chernogorova@gmail.com](mailto:yanita.chernogorova@gmail.com)

- Have the potential to become an intermediary in collaborating with business;
- They have the potential to be a communication point horizontally (between teams) and vertically (with similar units at regional and national level).

12. Fernandes, G., Pinto, E. B., Araújo, M., & Machado, R. J. The roles of a Programme and Project Management Office to support collaborative university–industry R&D. Total Quality Management & Business Excellence, 2018, 31(5-6), 583-608. doi:10.1080/14783363.2018.1436963
13. Kutsch, E., Ward, J., Hall, M., & Algar, J. The Contribution of the Project Management Office: A Balanced Scorecard Perspective. Information Systems Management, 2015, 32(2), 105-118. doi:10.1080/10580530.2015.1018768
14. Nobeoka, K., & Cusumano, M. A. Multiproject Strategy and Sales Growth: The Benefits of Rapid Design Transfer in New Product Development. Strategic Management Journal, (1997). 18(3), 169-186.
15. Aubry, M., Hobbs, B., & Thuillier, D. Organisational project management: An historical approach. International Journal of Project Management, 2008, 26(1), 38-43. doi:10.1016/j.ijproman.2007.08.009
16. Hobbs, B., & Aubry, M. A Multi-Phase Research Program Investigating Project Management Offices (PMOs): The Results of Phase 1. Project Management Journal, 2007, 38(1), 74-86. doi:10.1177/875697280703800108
17. Monteiro, A., Santos, V., & Varajão, J. Project Management Office Models – A Review. Procedia Computer Science, (2016)100, 1085-1094. doi:10.1016/j.procs.2016.09.254
18. Desouza, K. C., & Evaristo, J. R. Project management offices: A case of knowledge-based archetypes. International Journal of Information Management, 2006, 26(5), 414-423. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2006.07.002
19. Andersen, B., Henriksen, B., & Aars, W. Benchmarking of Project Management Office Establishment: Extracting Best Practices. Journal of Management in Engineering, 2007, 23(2), 97-104.
20. Aubry, M., Müller, R., Hobbs, B., & Blomquist, T. Project management offices in transition. International Journal of Project Management, 2010, 28(8), 766-778. doi:10.1016/j.ijproman.2010.05.006
21. Hill, G. M. Evolving the Project Management Office: A Competency Continuum. Information Systems Management, 2004, 21(4), 45-51. doi:10.1201/1078/44705.2.1.4.20040901/841876
22. Европейска комисия. EUR-Lex Access to European Union law. Retrieved from Europa, (2020, 9 30): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?qid=1601687240311&uri=CELEX:52020DC0625>

### Address for correspondence:

Yanita Chernogorova  
Medical University “Prof. Dr. Paraskev Stoyanov” – Varna  
55 Marin Drinov str., Varna, Bulgaria  
e-mail: [yanita.chernogorova@gmail.com](mailto:yanita.chernogorova@gmail.com)

# МЕТОД ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА КОНТРАСТНО УСИЛЕНИ МАМОГРАФСКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ: СИМУЛАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ

Тихомир Георгиев<sup>1</sup>, Кристина Близнакова<sup>1</sup>,  
Янка Банева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Катедра по медицинска апаратура, електронни и информационни технологии в здравеопазването, Медицински университет - Варна

<sup>2</sup>Катедра по физика и биофизика, Медицински университет - Варна

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Ранното откриване на рак на гърдата е жизненоважно за много жени. Мамографията се сблъсква с определени трудности при по-висока плътност на гърдите, поради което в такива случаи за откриване на малки артефакти се използва техника, наречена контрастно-усилена двуенергийна мамография (КУДЕМ).

**Цел:** Целта на това изследване е да се създаде методика, базирана на изчислителни инструменти за проектиране, симулиране и изследване на процес на КУДЕМ.

**Материал и методи:** За целта са създадени два обекта: паралелепипед с размери 75 mm x 60 mm x 50 mm с 10 вдлъбнатини в горната му част и полуцилиндричен втори обект с височина 45 mm с 6 цилиндрични кухини, които се различават по височината си. Като контрастно средство се използва йохексол. За генериране на рентгеновите изображения е използван законът на Беер, след това е добавен шум, а за получаване на изображение като резултат от изваждане са използвани серия от коефициенти.

**Резултати:** Добър контраст на извадените изображения беше постигнат при ниска енергия 50 kVp, като имаше незначителна разлика между теоретичните и симулираните тегловни коефициенти, осигуряващи най-добър контраст.

**Заключение:** Разработената методика на изследване на КУДЕМ ще се използва за оптимизиране на параметрите за различни специфични случаи с рак.

**Ключови думи:** двуенергийна мамография, симулация на шум, радиологичен контраст

## ВЪВЕДЕНИЕ

Рискът от смърт от рак варира между 7% и 13% за жените в ЕС, а най-диагностицираният вид рак сред жените във всяка отделна европейска държава е ракът на гърдата (1). American College of Radiology класифицира четири типа BI-RADS® категории за плътността на млечните жлези, отбелязани съответно с буквите от А до D: почти изцяло мастни, разпръснати области с фиброгландуларна плътност, хетерогенно плътни и изключително плътни (2).

# A METHOD FOR MODELLING OF CONTRAST ENHANCED MAMMOGRAPHY IMAGING: A SIMULATION STUDY

Tihomir Georgiev<sup>1</sup>, Kristina Bliznakova<sup>1</sup>,  
Yanka Baneva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Equipment, Electronic and Information Technologies in Healthcare, Medical University – Varna

<sup>2</sup>Department of Physics and Biophysics, Medical University – Varna

## ABSTRACT

**Introduction:** Early detection of breast cancer is vital for many women. Mammography faces certain difficulties with dense breasts therefore a technique called contrast-enhanced dual-energy mammography (CEDEM) is used in such cases for small artefacts detection.

**Aim:** The aim of this study is to establish a framework of computational tools to design, simulate and investigate the CEDEM process.

**Materials and methods:** Two objects were created for this purpose, a parallelepiped with dimensions 75 mm x 60 mm x 50 mm with 10 pits on the top of it and a semi cylindrical shape for the second object 45 mm of height with 6 cylindrical cavities which differ in their height. Iohexol was used as a contrast media. The Beer's law was used for the X-ray image generation, then noise was added, while series of coefficients were used to produce the subtraction result images.

**Results and discussion:** Good contrast of the subtracted images was achieved for low energy at 50 kVp and there was a negligible difference between theoretical and simulated weighted coefficients that provided best contrast.

**Conclusion:** The developed CEDEM framework will be used in optimising acquisition parameters for a range of specific cancerous cases.

**Key words:** dual energy, noise simulation, radiology contrast

## INTRODUCTION

Risk from death from cancer varies between 7% and 13% for women in EU and the most diagnosed cancer type among women in every single European state is the breast cancer (1). American College of Radiology classifies breasts composition in four BI-RADS® categories from A to D respectively: almost entirely fatty, scattered areas of fibroglandular density, heterogeneously dense, and extremely dense (2). X-ray mammography is the "gold

Рентгеновата мамография е „златният стандарт“ за скрининг и диагностика на млечната жлеза, като в случаите на млечни жлези класифицирани в категория С и D среща определени трудности при ранно откриване на гръдни лезии. Друг метод, който може да се използва включва набавяне на рентгенови изображения при две различни входни енергии. В някои случаи предварително се инжектира контрастно вещество. Крайното изображение се получава чрез прилагане на алгоритъм за изваждане (3-5), който води до получаване на изображение с подобрен контраст на определени тъкани. Тази техника се нарича двуенергийна (или двойно енергийна) мамография (ДЕМ), докато контрастно усилена двуенергийна мамография (КУДЕМ) се нарича техниката с използване и на контрастен агент. Предимствата при клиничното приложение на КУДЕМ са лесното прилагане, прилагане в някои специфични случаи на лезии и други, както и при химиотерапия (4).

Друга техника, която може да даде дори по-добри резултати от КУДЕМ, е едноенергийното времево изваждане (ЕЕВИ), което използва единичен енергиен спектър и изображенията се правят преди и след инжектирането на контрастен агент (3,4). Въпреки това, недостатък е, че трудно се гарантира неподвижността на гърдата за определен период от време от няколко минути след инжектирането на контрастното вещество (3,4) и следователно трябва да се извърши допълнителна обработка, за да се елиминират ефектите от движение (3), докато КУДЕМ има предимството да позволява получаване на различни изгледи (4).

Изследователско проучване, включващо 120 пациенти (5), установява, че чувствителността при мамография и КУДЕМ заедно е по-висока, отколкото при мамография самостоятелно и няма загуба на специфичност, а както чувствителността, така и специфичността при мамография и КУДЕМ заедно нямат статистическа разлика спрямо тези при мамография и ултразвук заедно. Едно по-скопошно проучване с участници предимно с гръди с висока плътност (6) установява, че КУДЕМ се представя по-добре от мамографията по отношение на чувствителността, въпреки че специфичността е малко по-ниска. Проучване, включващо 251 участници, сравнява КУДЕМ с ядрено-магнитен резонанс за откриване на лезии на гърдата и установява, че първото има по-висока специфичност и положителна прогнозна стойност (ППС), докато чувствителността и отрицателната прогнозна стойност (ОПС) са отчетени като сравними (7). Техниката КУДЕМ може да се използва и за диференциране на злокачествени от доброкачествени лезии. Проучване, включващо 593 лезии, открити при 547 пациенти, посочва, че използването на КУДЕМ за класифициране на видовете лезии води до чувствителност 97,86% и NPV 95,76%, но специфичността е ниска – само 59,4% (8). В ретроспективно проучване с 999 пациенти, дигиталната мамография и двуенергийната мамография с контраст са сравнени за разграничаване на случаи с мултифокален многоцентров рак от унифокален, като раковите заболявания са потвърдени от хистопатология (9). Проучването отчита, че КУДЕМ има по-високи стойности за чувствителност, ОПС и точност.

Горните проучвания разкриват потенциалните предимства на КУДЕМ. По-нататъшната работа е свързана с оп-

standard” for breast screening and diagnostics and has certain difficulties to detect early lesions in above categories C and D; therefore, a more complicated method can be employed – images are taken using two different energy settings, which result in generation of low- and high- energy images. In some cases, a contrast agent is injected in advanced. The final image is obtained by applying a subtraction algorithm (3-5) and resulting image provides a better contrast for given tissues. This technique is called dual-energy mammography (DEM), while contrast-enhanced dual-energy mammography (CEDEM) is called the technique with the use of a contrast agent. The advantages in clinical application of CEDEM were easy implementation, application in some specific cases of lesions, and others as well as chemotherapy response (4).

Another technique that may provide even better results than CEDEM is the single-energy temporal subtraction (SETS) which uses a single energy spectrum and images are taken before and after injection of a contrast agent (3,4). However, it has the drawback that it is difficult to ensure the breast remains motionless for certain time period of several minutes after injection of the contrast agent (3,4) and therefore, additional processing has to be performed in order to eliminate the effects of motion (3) while CEDEM has also the advantage to allow for acquisition in different views (4).

A research study involving 120 patients (5) found that sensitivity for mammography and CEDEM together was higher than for mammography alone and no specificity loss, and both sensitivity and specificity for mammography and CEDEM together were not statistically different than those for mammography and ultrasound together. One more recent study with participants mostly with dense breasts (6) found CEDEM performed better than mammography in sensitivity although specificity was slightly less. Study, involving 251 participants, compared CEDEM with magnetic resonance imaging for detection of breast lesions and found the former to have higher specificity and positive predictive value (PPV), while sensitivity and negative predictive value (NPV) were reported comparable (7). The CEDEM technique can be used also to differentiate malignant from benign lesions. A study involving 593 lesions detected in 547 patients reported that use of CEDEM to classify lesion types resulted in sensitivity 97.86% and NPV 95.76%, however specificity was low – only 59.4% (8). In a retrospective study with 999 patients, digital mammography and contrast-enhanced dual-energy mammography were compared to determine multifocal-multicenter cancer against unifocal with cancers being confirmed by histopathology (9). The study reported that CEDEM had higher figures in sensitivity, NPV and accuracy.

Above studies revealed the potential advantages of the CEDEM. Further work is related to the optimization of both clinical protocols and the whole CEDEM imaging



тимизирането както на клиничните протоколи, така и на цялата верига за изображения на КУДЕМ, което се извършва най-добре чрез използване на фантоми.

Бяха проектирани специфични изчислителни фантоми, които да се използват за клинични изследвания за оптимизация с контраст, след което симулирахме рентгенови изображения с помощта на вътрешно разработено софтуерно приложение. Изображенията бяха модифицирани, за да включват фотонен шум и след това обработени подходящо за получаване на изображения на КУДЕМ. Оценката включва измервания на контраста.

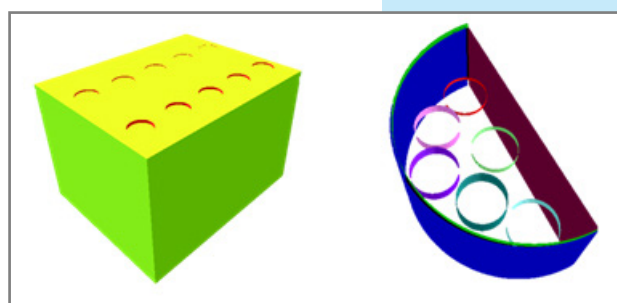
## ЦЕЛ

Целта на това изследване е да се създаде методика, базирана на изчислителни инструменти за проектиране, симулиране и изследване на процеса на КУДЕМ.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

**Фантоми:** Използвахме вътрешно разработеното софтуерно приложение XRayImagingSimulator (10) за създаване на два изчислителни обекта. Първият обект е паралелепипед, моделиран от смола (clear resin). Размерите му са проектирани да бъдат 75 mm x 60 mm x 50 mm, с десет вдлъбнатини с радиус 4 mm, разположени в горната част на обекта. Дълбочината на вдлъбнатините е от 0.1 mm до 1.0 mm. Вторият обект е с полуцилиндрична форма с радиус 50 mm и височина 45 mm. В рамките на този обект има 6 цилиндрични кухини, всяка от които с радиус 10 mm и различни височини – 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm. Материалът за този втори обект е полиметил-метакрилат (ПММА). След това ямите на първия обект и кухините на втория обект бяха „запълнени“ с йохексол. Основните материали, смола и ПММА, бяха избрани, тъй като те често се използват във фантоми, предназначени да имитират гърдата (11, 12). Освен това, йохексол контраст се използва широко в болниците. Физическите размери на двата фантома са подобни на размерите на компресирана гърда. Обектите са показани на фиг. 1.

**Фигура 1.** Изчислителни фантоми, създадени за изследването: (ляво) първи обект: паралелепипед и (дясно) втори обект: полуцилиндър



**Изображения:** Основните геометрични параметри на радиологично устройство са разстоянията между източника и изоцентра, и разстоянието между източника и детектора. За симулациите тези разстояния бяха избрани

chain, which is best performed by using computer models.

Specific computational phantoms to be used for contrast-enhanced clinical optimization studies were designed, then we simulated X-ray images by using an in-house software application, the images were modified to include photon noise, and then suitably processed to obtain CEDEM images. The evaluation included measurements of contrast.

## AIM

The aim of this study is to establish a framework of computational tools to design, simulate and investigate the CEDEM process.

## MATERIALS AND METHODS

**Phantoms:** We used in-house software application XRayImagingSimulator (10) to create two computational objects. The first object is a parallelepiped modelled from clear resin. Its dimensions were designed to be 75 mm x 60 mm x 50 mm with ten pits on the top of it, each of the pits with a radius of 4 mm. The pits depths are from 0.1 mm to 1.0 mm. The second object has a semi cylindrical shape with a radius of 50 mm and a height of 45 mm. Within this object, there are 6 cylindrical cavities, each of them with a radius of 10 mm and different heights – 2 mm, 3mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 8 mm. The material for this second object was polymethyl methacrylate (PMMA). The background materials: clear resin and PMMA were selected as they are frequently used in phantoms designed to mimic the breast (11, 12). Further, iohexol was used to fill the pits of the first object and the cavities of the second object. Iohexol contrast is widely used in hospitals. Physical dimensions of both phantoms were similar to the dimensions of a compressed breast. Objects are displayed on Fig. 1.

**Figure 1.** Computational phantoms created for the study: (left) first object: parallelepiped and (right) second object: semi cylinder

**Images:** The basic geometric parameters of a radiology unit are the distances between the source and the isocenter, and the distance between the source and the detector. For the simulations, these distances were



да бъдат съответно 1000 mm и 1300 mm. Симулираните енергийни спектри са 50 kVp, 80 kVp, 100 kVp и 120 kVp. Техните средни енергии са използвани за моделиране на рентгеновите изображения за всеки изчислителен обект. Тези рентгенови изображения са обработени, за да съответстват на рентгенова експозиция от 1 mGy. Фотонният шум беше добавен с помощта на уравнение (1):

$$N = N_0 e^{-\mu l} + \delta, \quad \delta = \text{Poisson}(\sqrt{N}) \quad (1),$$

където  $N$  и  $N_0$  са съответно броят на фотоните, преминаващи през обекта и броят на фотоните в източника,  $\mu$  е коефициентът на затихване,  $l$  е дължината на пътя.

**Метод с изваждане:** Методът за получаване на КУДЕМ изображения се основава на двуенергийния алгоритъм, описан в (13). Тегловното изваждане пиксел по пиксел е приложено чрез уравнение (2), където стойността на всеки пиксел на изображението PSR зависи от стойността на пиксела на изображението при ниска енергия PL след добавяне на шум, стойността на пиксела на изображението при висока енергия PH след добавяне на шум и коефициент  $w$ :

$$\text{PSR} = \text{PL} - w \cdot \text{PH} \quad (2)$$

При изчисляванията за стойност на  $w$  се тестваха редица числа между 0 и 4, и най-добрата стойност е определена експериментално. За тази цел бяха определени две области на интерес (ОНИ) на всяко изображение, получено като резултат от изваждането: избрахме първата ОНИ в областта на най-дълбоката вдлъбнатина с йохексол за изображенията на първия обект и най-високата кухина с йохексол за изображенията на втория обект, а втората ОНИ избрахме в зона, в която няма йодно базиран контраст. И двете ОНИ са с размери 30 x 30 пиксела. Контрастът (СК) за всяко изображение се изчислява по уравнение (3) следния начин (14):

$$\text{СК} = (\text{СС} - \text{ФС}) / \text{ФС} \quad (3)$$

където СС е средната стойност в първите ОНИ, ФС е средната стойност във вторите ОНИ.

За всяка енергийна двойка бе намерен тегловният коефициент  $w$ , който осигурява най-висок контраст. За целите на сравнението, по уравнение (4) бяха изчислени теоретичните коефициенти  $w_c$ . Тези коефициенти зависят от коефициента на затихване  $\mu_L$  при ниска енергия и коефициента на затихване  $\mu_H$  при висока енергия, за всяка енергийна двойка и всеки основен материал – чиста смола или PMMA:

$$w_c = (\mu_L / \mu_H) \quad (4)$$

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Фигура 2 показва симулираните рентгенови изображения с добавен шум на първия изчислителен обект, получени при четирите различни енергии на рентгеновите лъчи, докато Фигура 3 показва изображения с добавен шум на втория изчислителен обект за същите енергии на рентгеновите лъчи. Както се очакваше, увеличаването на

selected to be 1000 mm and 1300 mm, respectively. The simulated energy spectra are 50 kVp, 80 kVp, 100 kVp and 120 kVp. Their mean energies were used to model the x-ray images for each computational object. These x-ray images were processed for correspond to x-ray exposure of 1 mGy. Photon noise was added using equation (1):

$$N = N_0 e^{-\mu l} + \delta, \quad \delta = \text{Poisson}(\sqrt{N}) \quad (1)$$

where  $N$  and  $N_0$  are the number of the photons passing through the object and number of the photons at the source respectively.  $\mu$  is the attenuation coefficient,  $l$  – path length.

**The subtraction method:** The method used obtain CEDEM images is based on the dual-energy algorithm, described in (13). Pixel-by-pixel weighted subtraction was applied by equation (2), where each image pixel value PSR depends on the low energy noisy image pixel value PL, the high energy noisy image pixel value PH, and a coefficient  $w$ :

$$\text{PSR} = \text{PL} - w \cdot \text{PH} \quad (2)$$

In calculations different values of  $w$  between 0 and 4 were tested and the best value was experimentally defined. For this purpose, two regions of interest (ROI) on each subtraction result image were defined: the first ROI was selected inside the area of the deepest iohexol pit for the images of the first object and highest iohexol cavity for the images of the second object, and the second ROI was selected in the area free of iodine-based contrast. Both ROI had dimensions 30 x 30 pixels. Next, we calculated average value for the respective ROI, calling them “signal value” (SV) for average values within the first ROI and “background value” (BV) for the average value within the second ROI. Finally, we calculated the contrast value (CV) for each subtraction result image using SV and BV for the respective image and the equation (3) (14):

$$\text{CV} = (\text{SV} - \text{BV}) / \text{BV} \quad (3)$$

Thus, for each energy pair, we determined the weighted coefficient  $w$  that provided the highest contrast.

For comparison purposes, the theoretical weighted coefficients,  $w_c$ , were calculated by equation (4). These coefficients depend on low energy attenuation coefficient  $\mu_L$  and high energy attenuation coefficient  $\mu_H$  for each energy pair and each background material – clear resin or PMMA:

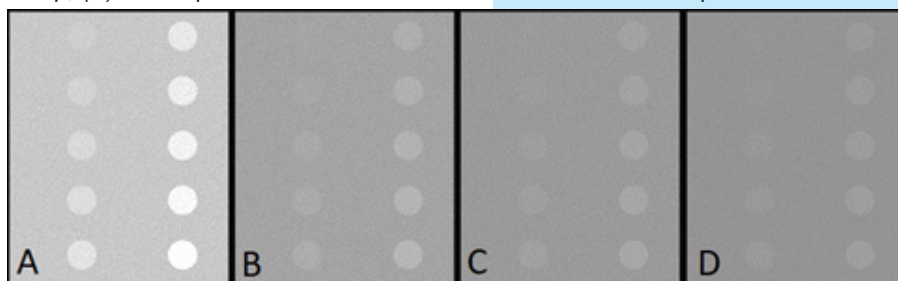
$$w_c = (\mu_L / \mu_H) \quad (4)$$

## RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 2 shows the simulated noisy x-ray images of the first computational object obtained at the four different incident energies, while Fig. 3 shows the noisy images of the second computational object for the same incident energies. Visual evaluation indicates the increase of the incident photon energy resulted in lower contrast

енергията на фотоните води до по-ниско контрастни изображения, което може да се обясни с повишеното влияние на Комптъновото разсейване.

**Фигура 2.** Симулирани рентгенови изображения с добавен шум за първия обект: (A) 50 kVp, (B) 80 kVp, (C) 100 kVp, (D) 120 kVp



**Фигура 3.** Симулирани рентгенови изображения с добавен шум за втория обект: (A) 50 kVp, (B) 80 kVp, (C) 100 kVp, (D) 120 kVp

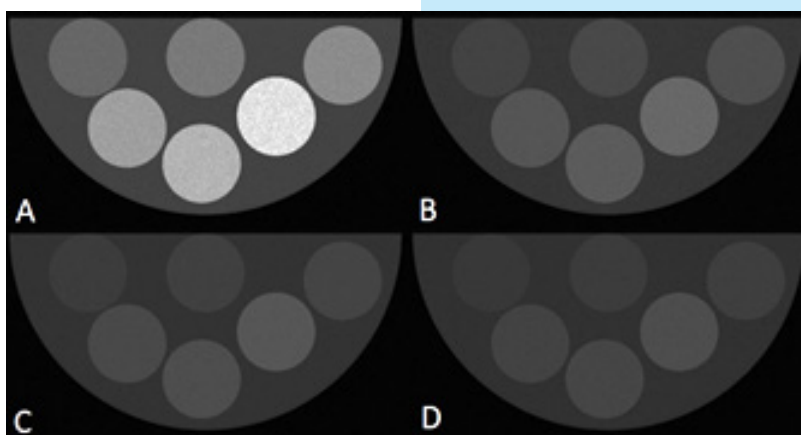


Таблица 1 показва резултатите за тегловните коефициенти  $w$  и  $w_c$ , които съответстват на максималната стойност на контраста ( $CV_{max}$ ) за всяка енергийна двойка за първия обект, докато таблица 2 показва съответните данни, получени за втория обект.

**Таблица 1.** Теглови коефициенти за първия обект

| енергийна двойка | ниска енергия, kVp | висока енергия, kVp | теглови коефициент, теоретичен, $w_c$ | теглови коефициент, симулация, $w$ |
|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1                | 50                 | 80                  | 1.233                                 | 1.244                              |
| 2                | 50                 | 100                 | 1.314                                 | 1.319                              |
| 3                | 50                 | 120                 | 1.367                                 | 1.377                              |
| 4                | 80                 | 100                 | 1.065                                 | 1.060                              |
| 5                | 80                 | 120                 | 1.109                                 | 1.106                              |
| 6                | 100                | 120                 | 1.040                                 | 1.044                              |

images, which can be explained with the increased influence of the Compton scattering.

**Figure 2.** Simulated x-ray noisy images of the first object: (A) 50 kVp, (B) 80 kVp, (C) 100 kVp, (D) 120 kVp

**Figure 3.** Simulated x-ray noisy images of the second object: (A) 50 kVp, (B) 80 kVp, (C) 100 kVp, (D) 120 kVp

Table I displays the results for the weighted coefficients  $w$  and  $w_c$ , which correspond to the maximum contrast value for each energy pair for the first object, while table II shows the respective data obtained for the second object.

**Table 1.** Weighted coefficients for the first computer generated object

| energy pair | low energy, kVp | high energy, kVp | weighted coefficient, theoretical, $w_c$ | weighted coefficient, simulation, $w$ |
|-------------|-----------------|------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1           | 50              | 80               | 1.233                                    | 1.244                                 |
| 2           | 50              | 100              | 1.314                                    | 1.319                                 |
| 3           | 50              | 120              | 1.367                                    | 1.377                                 |
| 4           | 80              | 100              | 1.065                                    | 1.060                                 |
| 5           | 80              | 120              | 1.109                                    | 1.106                                 |
| 6           | 100             | 120              | 1.040                                    | 1.044                                 |

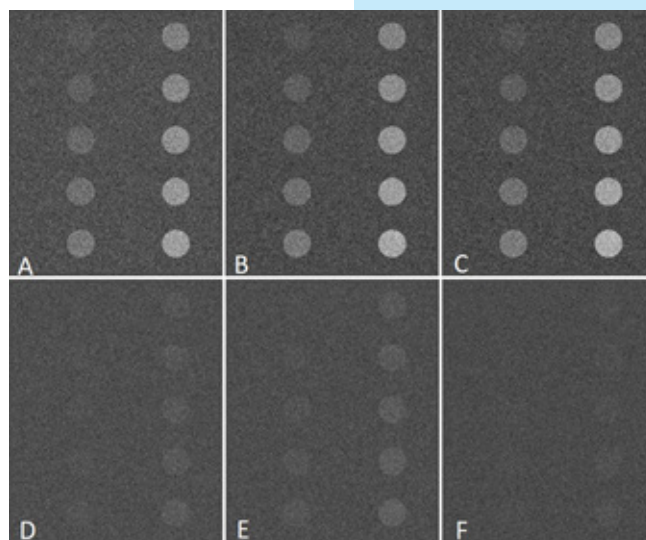
**Таблица 2.** Тегловни коефициенти за втория обект

| енергийна двойка | ниска енергия, kVp | висока енергия, kVp | теглови коефициент, теоретичен, $w_c$ | теглови коефициент, симулация, $w$ |
|------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1                | 50                 | 80                  | 1.254                                 | 1.259                              |
| 2                | 50                 | 100                 | 1.342                                 | 1.348                              |
| 3                | 50                 | 120                 | 1.400                                 | 1.405                              |
| 4                | 80                 | 100                 | 1.071                                 | 1.071                              |
| 5                | 80                 | 120                 | 1.116                                 | 1.116                              |
| 6                | 100                | 120                 | 1.042                                 | 1.042                              |

Сравнявайки теоретичните стойности на  $w_c$ , показани в Таблица 1 и Таблица 2, с изчислените от симулацията  $w$ , се вижда, че разликите са малки, като най-голямата от тях е 0,011 за енергийната двойка 1 за първия обект. Като цяло, разликите и за двата обекта са по-големи, когато ниската енергия е 50 kVp. Разликите в стойностите на  $w$  и  $w_c$  са по-малки за втория обект. Обяснението е, че най-дълбоката вдлъбнатина на първия обект е 1 мм, докато най-голямата кухина на втория обект е с височина 8 мм, поради което е тя е по-шумоустойчива.

**Фигура 4.** Изображения с най-висок контраст, получени при изваждане на изображенията с добавен шум за всяка енергийна двойка за първия обект:

- (A) двойка 50 kVp – 80 kVp,
- (B) двойка 50 kVp – 100 kVp,
- (C) двойка 50 kVp – 120 kVp,
- (D) двойка 80 kVp – 100 kVp,
- (E) двойка 80 kVp – 120 kVp,
- (F) двойка 100 kVp – 120 kVp



Фигура 4 показва изображения за първия обект, получени чрез изваждане със стойностите на  $w$ , които са посочени в таблица 1, докато изображенията за втория обект, получени чрез изваждане със стойности за  $w$ , посочени в таблица 2, са показани на фиг. 5. Всички изображения са визуализирани с помощта на ImageJ и изображенията за всеки обект имат еднакви настройки.

**Table 2.** Weighted coefficients for the second computer generated object

| energy pair | low energy, kVp | high energy, kVp | weighted coefficient, theoretical, $w_c$ | weighted coefficient, simulation, $w$ |
|-------------|-----------------|------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1           | 50              | 80               | 1.233                                    | 1.244                                 |
| 2           | 50              | 100              | 1.314                                    | 1.319                                 |
| 3           | 50              | 120              | 1.367                                    | 1.377                                 |
| 4           | 80              | 100              | 1.065                                    | 1.060                                 |
| 5           | 80              | 120              | 1.109                                    | 1.106                                 |
| 6           | 100             | 120              | 1.040                                    | 1.044                                 |

Comparing the theoretical values of  $w_c$  shown in Table I and Table II with calculated from the simulation  $w$ , it is seen that differences were small with the greatest of them 0.011 for the energy pair 1 for the first object. Generally, the differences for both objects were greater when the low energy was 50 kVp. Differences in the values of  $w$  and  $w_c$  were less for the second object. The explanation is that the deepest pit on the first object was 1 mm while the largest cavity of the second object had height 8 mm therefore it was more noise resistant.

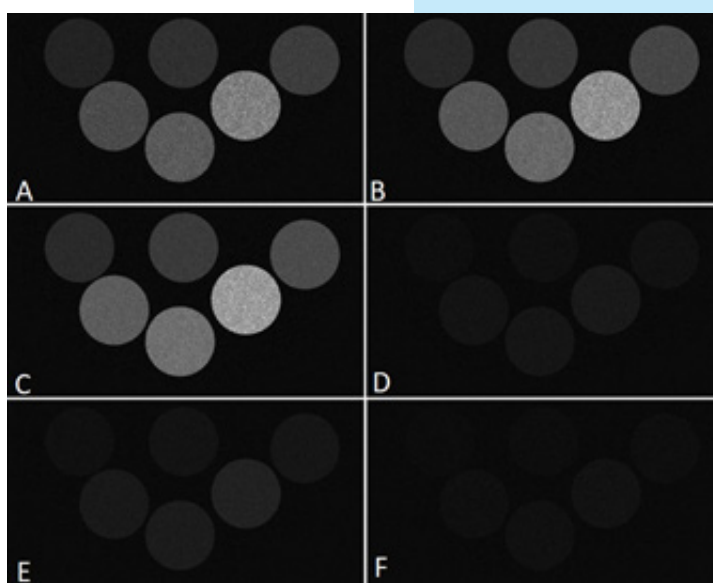
**Figure 4.** Subtraction result noisy images with best contrast for each of the energy pairs for the first object:

- (A) pair 50 kVp – 80 kVp,
- (B) pair 50 kVp – 100 kVp,
- (C) pair 50 kVp – 120 kVp,
- (D) pair 80 kVp – 100 kVp,
- (E) pair 80 kVp – 120 kVp,
- (F) pair 100 kVp – 120 kVp

Fig. 4. displays subtraction images for the first object with values of  $w$  as listed in table I, while the subtraction result images for the second object with values for  $w$  listed in table II are displayed on Fig. 5. All images were visualized using ImageJ and images for each object had same settings.

**Фигура 5.** Изображения с най-висок контраст, получени при изваждане на изображенията с добавен шум за всяка енергийна двойка за втория обект:

- (A) двойка 50 kVp – 80 kVp,
- (B) двойка 50 kVp – 100 kVp,
- (C) двойка 50 kVp – 120 kVp,
- (D) двойка 80 kVp – 100 kVp,
- (E) двойка 80 kVp – 120 kVp,
- (F) двойка 100 kVp – 120 kVp



**Figure 5.** Subtraction result noisy images with best contrast for each of the energy pairs for the second object

- (A) pair 50 kVp – 80 kVp,
- (B) pair 50 kVp – 100 kVp,
- (C) pair 50 kVp – 120 kVp,
- (D) pair 80 kVp – 100 kVp,
- (E) pair 80 kVp – 120 kVp,
- (F) pair 100 kVp – 120 kVp

Следващите стъпки са свързани с експериментално валидиране на моделите: получаване на изображения и тяхното изваждане, както и с по-нататъшно подобряване на алгоритъма за изваждане. За тази цел е произведен физически модел, който е облъчен на рентгенова уредба с енергии, които са симулирани в това изследване.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Това изследване създава процедура за извършване на симулирани оптимизационни изследвания с изображения с контраст, които ще бъдат използвани за оптимизация на параметрите в някои специфични ракови случаи. Рентгенови изображения с добавен шум бяха успешно генерирани и обработени по подходящ начин за получаване на изображения на КУДЕМ. Изображенията, получени чрез изваждане при енергийни двойки с 50 kVp като ниска енергия, имат добър контраст дори за по-малки количества йоден агент, както в случая на вдлъбнатините на първия обект.

## Благодарности

Този проект е финансиран от програмата на Европейския съюз за изследвания и иновации „Хоризонт 2020“ по споразумението за отпускане на безвъзмездни средства „Мария Склодовска-Кюри“ № 101008020.

Next steps are related to the experimental validation of the models: the acquisition of images and their subtracted image, as well as with further improvement of the subtraction algorithm. For this purpose, a physical model was manufactured and was irradiated on an X-ray system with energies simulated in this study.

## CONCLUSIONS

This study established a framework for performing simulated optimisation studies with contrast-enhanced imaging that will be used in a further specific cancer cases acquisition parameters optimization. Noisy x-ray images were successfully generated and suitably processed to obtain CEDEM images. Subtraction result images of energy pairs with 50 kVp as low energy had good contrast even for smaller quantities of iodine agent as in the case of the pits of the first object.

## Acknowledgement

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 101008020



## КНИГОПИС / REFERENCES

1. American Cancer Society, Inc. <https://canceratlas.cancer.org/the-burden/europe/>
2. American College of Radiology. <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/BI-RADS/Mammography-Reporting.pdf>
3. Baldelli P, Bravin A, Di Maggio C, Gennaro G, et al., "Evaluation of the minimum iodine concentration for contrast-enhanced subtraction mammography", *Phys. Med. Biol.* 51, 2006, pp. 4233-4251. doi:10.1088/0031-9155/51/17/008
4. Dromain C, Balleyguier C, Adler G, Garbay JR, Delaloge S., "Contrast-enhanced digital mammography", *European Journal of Radiology*, 69, 2009, pp. 34-42. doi:10.1016/j.ejrad.2008.07.035
5. Dromain C, Thibault F, Muller S, Rimareix F, et al., "Dual-energy contrast-enhanced digital mammography: initial clinical results". *Eur. Radiol.* 21, 2011, pp. 565-574. doi: 10.1007/s00330-010-1944-y
6. Sung JS, Lebron L, Keating D, D'Alessio D, et al., "Performance of dual-energy contrast-enhanced digital mammography for screening women at increased risk of breast cancer", *Radiology*, 293, 2019, pp. 81-88. doi: 10.1148/radiol.2019182660
7. Xing D, Lv Y, Sun B, Xie H, et al., "Diagnostic value of Contrast-Enhanced Spectral Mammography in Comparison to Magnetic Resonance Imaging in Breast Lesions", *J Comput Assist Tomogr*, 43, 2019. pp 245-251. doi: 10.1097/RCT.0000000000000832
8. Steinhof-Radwanska K, Grazynska A, Barczyk-Gutkowska A, Kajor M, et al., "The new method, the old problem – role of contrast enhanced spectral mammography in the diagnosis of breast cancer among Polish women", *Pol J Radiol*, 85, 2020, pp.381-381. doi: 10.5114/pjr.2020.97941
9. Lorek A, Steinhof-Radwanska K, Barszyk-Gutkowska A, Zarebski W, et al., "The Usefulness of Spectral Mammography in Surgical Planning of Breast Cancer Treatment – Analysis of 999 Patients with Primary Operable Breast Cancer", *Curr. Oncol.* 28, 2021, pp. 2548-2559. doi: 10.3390/curroncol28040232
10. Bliznakova K, Speller R, Horrocks J, Liaparinis P, et al., "Experimental validation of a radiographic simulation code using breast phantom for x-ray imaging", *Comput Biol Med*, 40(2), 2010, pp.208-214. doi: 10.1016/j.combiomed.2009.11.017
11. K. Bliznakova, "The advent of anthropomorphic three-dimensional breast phantoms for X-ray imaging", *Physica Medica*, 2020 Nov;79. pp.145-161. doi: 10.1016/j.ejmp.2020.11.025
12. Marziani, M., Taibi A, Tuffanelli A, Gambaccini M., "Dual-energy tissue cancellation in mammography with quasi-monochromatic x-rays." *Phys. Med. Biol.* 2002 47(2): pp. 305-313. doi: 10.1088/0031-9155/47/2/309
13. Bliznakova K, Kolitsi K, Pallikarakis N, "Dual-energy mammography: Simulation studies" *Phys. Med. Biol.* 2006, 51 (18) pp. 4497-4515. doi: 10.1088/0031-9155/51/18/004
14. "Webb's physics of medical imaging" edited by M. A. Flower, CRC Press, 2012

### Адрес за кореспонденция:

Тихомир Георгиев  
Медицински университет – Варна  
Ул. Марин Дринов 55, Варна 9002  
Мобилен телефон: +359 88 48 48 732  
e-mail: t.georgiev@mu-varna.bg

### Address for correspondence:

Tihomir Georgiev  
Medical University – Varna  
55 Marin Drinov Str, Varna 9002  
Mobile phone: +359 88 48 48 732  
e-mail: t.georgiev@mu-varna.bg

# ОЦЕНКА НА ФИНИТЕ ДВИГАТЕЛНИ УМЕНИЯ, ПРИДОБИТИ ПО ВРЕМЕ НА СИМУЛАЦИОННО ОБУЧЕНИЕ ПО ЛАПАРОСКОПСКА ХОЛЕЦИСТЕКТОМИЯ

Тургай Калинов<sup>1</sup>, Диян Грънчаров<sup>2</sup>, Кристина  
Близнакова<sup>3</sup>, Александър Златаров<sup>1</sup>, Никола Колев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Катедра по обща и оперативна хирургия, Медицински  
университет-Варна

<sup>2</sup>Катедра по социална медицина и организация на  
здравеопазването, Медицински университет-Варна

<sup>3</sup>Катедра по медицинска апаратура, електроника  
и информационни технологии в здравеопазването,  
Медицински университет-Варна

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** През последното десетилетие, благодарение на развитието на новите технологии, симулационното обучение все повече навлиза в образованието по хирургия. За първи път в България през 2016 г. Медицински университет-Варна въведе обучение с лапароскопски симулатор с виртуална реалност. По този начин придобиването на лапароскопски умения може да започне още преди завършване на медицинското образование.

**Цел:** Да се направи оценка на ефективността на симулационното обучение при лапароскопска хирургия и придобиването на фини двигателни умения по време на лапароскопска холецистектомия.

**Материал и методи:** За период от десет дни петнадесет студенти, обучаващи се по медицина в 3-та, 4-та и 5-та година от обучението си, бяха обучени на симулатор с виртуална реалност Simbionix Lap Mentor 3, инсталиран в отделението по хирургия, УМБАЛ „Света Марина“, Варна. Целта на обучението е да се изпълни пет пъти последователно упражнението „Лапароскопска холецистектомия“, което е една от най-честите лапароскопски операции и да се оценят уменията на студентите. Ефективността на обучението е определено по пет критерия, като за всеки един се определи тенденцията на развитие с всеки следващ експеримент.

**Резултати:** Наблюдава се трайна, постоянна и бърза тенденция към подобрене на резултатите на участниците спрямо времето и икономичността в движенията в рамките на пет опита и плавно подобрене на резултатите спрямо ефикасността на каутеризация. Безопасността на каутеризацията намалява за сметка на времето, но при пети опит се вижда тенденция към покачване, без това да това да повлиява негативно на времето на процедурата.

**Обсъждане:** Резултатите от това проучване ни дадоха насоки кои умения са усъвършенствани вследствие на обучението и за кои други подготовката е недостатъчна и трябва да се практикува по-дълго време. Въз основа

# ASSESSMENT OF FINE MOTOR SKILLS ACQUIRED DURING SIMULATION TRAINING DURING LAPAROSCOPIC CHOLECYSTECTOMY

Turgay Kalinov<sup>1</sup>, Dean Grancharov<sup>2</sup>, Kristina  
Bliznakova<sup>3</sup>, Aleksandar Zlatarov<sup>1</sup>, Nikola Kolev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of General and Operative Surgery,  
Medical University – Varna

<sup>2</sup>Department of Social Medicine and Health Care  
Organisation, Medical University – Varna

<sup>3</sup>Department of Medical devices, electronic and  
information technologies in the healthcare, Medical  
University – Varna

## ABSTRACT

**Introduction:** Over the last decade, thanks to the development of new technologies, simulation training has increasingly entered the education of surgery. For the first time in Bulgaria in 2016, the Medical University of Varna introduced training with a laparoscopic simulator with virtual reality. In this way, the acquisition of laparoscopic skills can begin even before the completion of medical education.

**Aim:** The aim of this study is to make an assessment of the effectiveness of simulation training in laparoscopic surgery and the acquisition of fine motor skills during laparoscopic cholecystectomy.

**Materials and Methods:** For this purpose, fifteen students studying Medicine in 3rd, 4th, and 5th year of their studies, were trained on a simulator with virtual reality Simbionix Lap Mentor 3, installed in the Surgery Department, University Hospital of Varna, Bulgaria, for a period of ten days. The aim of the training was to perform five consecutive times the exercise Laparoscopic cholecystectomy, which is one of the most common laparoscopic operations. The effectiveness of the training was assessed by using five criteria.

**Results:** There is a lasting, constant and rapid tendency to improve the results of the participants in terms of time and economy in the movements within five attempts and a gradual improvement of the results in relation to the efficiency of cauterization. The safety of cauterization decreases at the expense of time, but on the fifth attempt there is a tendency to increase, without this negatively affecting the time of the procedure.

**Discussion:** The results of this study gave us guidance on which of the skills the training was sufficient for their improvement, and which of them the learner needs to practice for a longer time. Based on them, an adequate curriculum for training in laparoscopic surgery was

на тях е разработена подходяща учебна програма за обучение по лапароскопска хирургия, съобразена с резултатите от обучението.

**Заключение:** Чрез използването на симулатори за виртуална реалност студентите и специалистите по хирургия имат възможност значително да ускорят усвояването на специфични психомоторни възприятия и фини двигателни движения, необходими за лапароскопската хирургия.

**Ключови думи:** симулационно обучение, лапароскопска холецистектомия, Simbionix Lap Mentor 3

## ВЪВЕДЕНИЕ

През последното десетилетие минимално инвазивната хирургия придоби широко разпространение в практиката (1-3). При някои хирургични интервенции лапароскопският достъп е златен стандарт (4). Такава лапароскопска хирургична интервенция е холецистектомията, свързана с отстраняване на жлъчен мехур (5). Холецистектомията е операция, която е по-дълбоко засегната от въвеждането на лапароскопската техника. В днешно време лапароскопската холецистектомия е най-често извършваната абдоминална процедура в развитите страни (5-7) и се е превърнала в стандарт за лечение на заболявания на жлъчния мехур (8). Това води до повишена нужда от квалифицирани специалисти. Времето, необходимо за обучение и придобиване на специфични лапароскопски умения, както и тяхното усъвършенстване, е доста дълго (9). Това от своя страна води до създаването на ограничен брой специалисти, което е крайно недостатъчно за обслужване на нарастващото търсене на този вид хирургична интервенция. Благодарение на ускоряващото се развитие на новите технологии през последните 10 години, симулационното обучение все повече навлиза в образованието по хирургия. Този етап на симулационно обучение е задължителен в много университети в Европа и по света, преди младите хирурзи да започнат да извършват операции върху пациенти. Симулаторите са интуитивни и пресъздават напълно интраоперативната обстановка, отчитат грешките и усложненията, настъпили по време на операцията, като интервенцията може да бъде повтаряна много пъти, докато бъде овладяна от бъдещия хирург до съвършенство (10-11). За първи път в България през 2016 г. Медицински университет-Варна въведе обучение с лапароскопски симулатор с виртуална реалност. По този начин придобиването на лапароскопски умения може да започне още преди завършване на медицинското образование.

## ЦЕЛ

Целта на това изследване е да се направи оценка на ефективността на симулационното обучение по лапароскопска хирургия и придобиването на фини двигателни умения по време на симулационна лапароскопска холецистектомия.

developed, in accordance with the learning outcomes.

**Conclusions:** Virtual reality simulators allow students and specialists in surgery to significantly accelerate the acquisition of specific psycho-motor perceptions and fine motor movements necessary for laparoscopic surgery.

**Key words:** simulation training, laparoscopic cholecystectomy, Simbionix Lap Mentor 3

## INTRODUCTION

In the last decade, minimally invasive surgery has become widespread in practice (1-3). In some surgical interventions, laparoscopic access is a gold standard (4). Such a laparoscopic surgical intervention is the cholecystectomy, related to the removal of a diseased gallbladder (5). The cholecystectomy is the operation that has been more profoundly affected by the introduction of laparoscopy. Nowadays, the laparoscopic cholecystectomy is the most commonly performed major abdominal procedure in the developed countries (5-7) and has become the standard of care for gallbladder disease (8). This leads to an increased need for qualified specialists. The time required for training and acquiring specific laparoscopic skills, as well as their improvement is quite long (9). This in turn leads to the creation of a limited number of specialists, which is extremely insufficient to service the growing demand for this type of surgical intervention. Thanks to the accelerating development of new technologies in the last 10 years, simulation training is increasingly entering the education of surgery. This stage of simulation training is mandatory at many universities in Europe and around the world before young surgeons begin performing operations on patients. The simulators are intuitive and completely recreate the intraoperative field, calculate the errors and complications that occurred during the operation, and the intervention can be repeated many times until it is mastered by the future surgeon to perfection (10, 11). For the first time in Bulgaria in 2016, the Medical University of Varna introduced training with a laparoscopic simulator with virtual reality. This simulator is now used for acquisition of laparoscopic skills by Medical students before the completion of their medical education.

## AIM

The aim of this study is to make an assessment of the effectiveness of simulation training in laparoscopic surgery and the acquisition of fine motor skills during laparoscopic cholecystectomy.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

За период от десет дни петнадесет студенти, специалност „Медицина“, от III, IV и V курс, са обучени на симулатор с виртуална реалност Simbionix Lap Mentor 3, инсталиран в Първа клиника по хирургия, УМБАЛ „Света Марина“, гр. Варна. Целта на обучението е пет последователни изпълнения на упражнението.

Упражненията са организирани с продължителност 8 часа на ден. Едно от основните упражнения на обучението е пет последователни изпълнения на задачата Лапароскопска холецистектомия, която е една от най-често срещаните лапароскопски операции. Проучването е одобрено от етичната комисия на МУ-Варна (Протокол № 026-95/3.12.2020).

Симулаторът Simbionix Lap Mentor 3 предоставя подробна записана информация за представянето на всеки участник след всяка процедура, като в детайли оценява всеки елемент от извършената симулационна операция. В началото на задачата, свързана с лапароскопска холецистектомия, менторът обясни и демонстрира пред студентите два пъти упражнението. По време на упражнението менторът предостави инструкции относно това какви подобрения трябва да извършат обучаемите. Никой от участниците не е имал предишен опит с други видове медицински симулатори. За да се определи ефективността на обучението, с помощта на опитни хирурзи са избрани следните пет критерия: (а) време за извършване на процедурата; (б) безопасност на каутеризация; (в) ефикасност на каутеризация; (г) икономия в движенията; (д) средно време на каутеризация без адекватен контакт с тъканта при всеки следващ опит. Оценена е тенденцията на развитие на всеки критерий във всеки следващ експеримент.

## РЕЗУЛТАТИ

Резултатите от симулатора Simbionix Lap Mentor 3 по отношение на избраните пет критерия за оценка са обобщени на Фигура 1-5. В зависимост от изчисленията се определя върху кои умения обучаемият трябва да положи повече усилия, за да подобри резултатите си по отношение на дадения критерий.

### *Време за изпълнение на задачата*

Фигура 1 показва средното общо време за изпълнение на лапароскопската задача за даден пореден опит. Наблюдава се трайна тенденция към намаляване на времето за изпълнение на процедурата. Докато при първи опит то е 634 секунди, то при пети опит е 348 секунди. Разбира се, не само времето за изпълнение на процедурите е важно, но и качеството на изпълнение на задачата.

## METHODS

For a period of ten days, fifteen students studying Medicine in 3rd, 4th, and 5th year of their studies, were trained on a simulator with virtual reality Simbionix Lap Mentor 3, installed in the Surgery Department, University Hospital of Varna, Bulgaria.

Exercises were organised with a duration 8 hours a day. One of the main exercise tasks of the training was to perform five consecutive times the exercise Laparoscopic cholecystectomy, which is one of the most common laparoscopic operations. The study was approved by the Ethical Committee of MU-Varna (№ 026-95/3.12.2020).

The Simbionix Lap Mentor 3 simulator presents detailed information for the performance of each participant after each procedure, evaluating in details each element of the performed simulation surgery. At the start of the Laparoscopy task, the mentor explained and demonstrated twice the exercise. During the exercise, the mentor provided instructions in respect to what improvements the trainees need to perform. None of the participants had previous experience with other types of medical simulators. To determine the effectiveness of the training, the following five criteria were selected with the assistance of experienced surgeons: (a) time to perform the procedure; (b) cauterization safety; (c) efficiency of cauterization; (d) economy of movements; (f) mean cauterization time without adequate adhesion contact. The trend of development of each criterion in each subsequent experiment was assessed.

## RESULTS

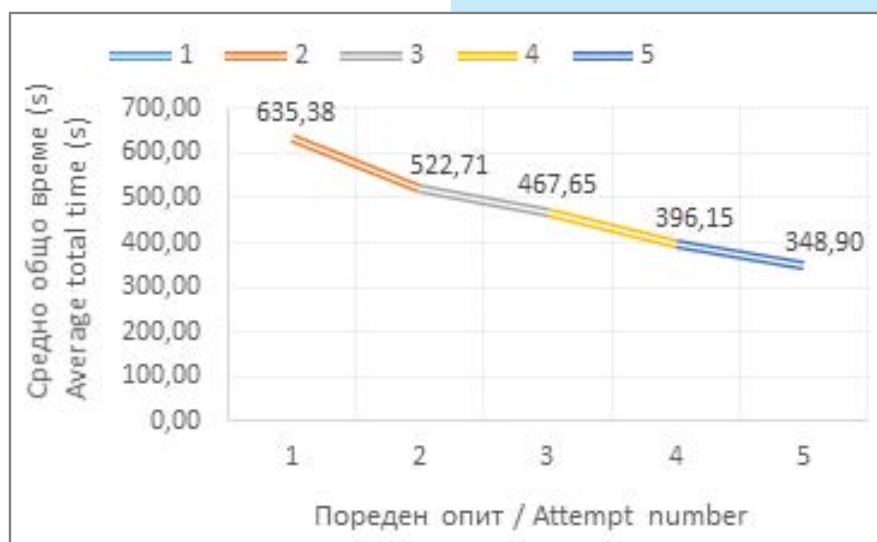
The results from the Simbionix Lap Mentor 3 simulator in respect to the selected five evaluation criteria are summarised in Fig 1-5. Depending on the calculations, it was determined on which skills the learner should make more efforts to improve their results.

### *Time of the procedures*

Figure 1 reveals the average total time to perform the Laparoscopic task per an attempt. A steady trend towards reducing the time to perform the procedure is observed. While during the first participants' attempt the average total time corresponded to 634 seconds, for the fifth attempt this time corresponded to 348 seconds, which is nearly twice less than the initial time. Of course, not only the time of the procedures is important, but also the quality of performance, which we will pay attention to in the following graphs.



**Фигура 1.** Средно общо време за изпълнение на лапароскопската задача за пореден опит



**Figure 1.** Average total time to perform the Laparoscopic task per attempt

### Икономичност на движенията

Икономичността в движенията е един от най-важните елементи при лапароскопските операции. Това придава както сигурност, така и бързина в оперативната интервенция. Фигура 2 показва средната обща дължина на пътя за опит. Наблюдава се рязко подобрене в движенията на инструментите между първия и втория опит. Това доказва, че участниците непосредствено след първата интервенция успяват да изградят базисни умения, които подобряват фината моторика на ръцете и пръстите. От 2-ри до 5-ти опит тенденцията на съкращение в движенията се запазва, но с много по-изгладена крива между опитите.

**Фигура 2.** Средна обща дължина на пътя за пореден опит



### Economy of motion

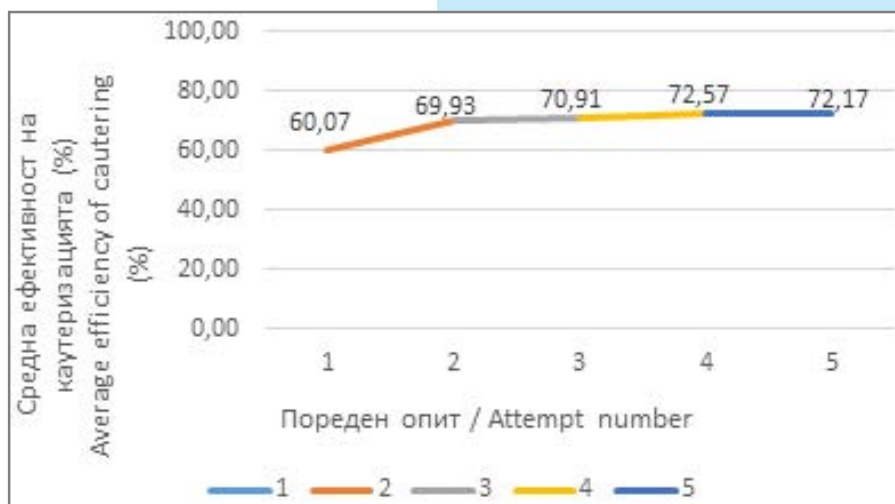
Economy in movements is one of the most important elements in the laparoscopic operations. This parameter provides both security and speed in the operative intervention. Figure 2 shows the average total path length per attempt. It can be observed a sharp improvement in the movements of the instruments between the first and second attempt. This proves that the participants immediately after the first intervention manage to build basic skills that improve the fine motor skills of the hands and fingers. From the 2nd to the 5th attempt the tendency of reduction in the movements is preserved, but with a much smoother curve between the attempts.

**Figure 2.** Average total path length per attempt

### Ефикасност на каутеризацията

Каутеризация е един от най-важните елементи от лапароскопските операции. Фигура 3 показва средната ефективност на каутиране за един опит. Резултатите отново показват значително подобрене между 1-ви и 2-ри опит. Между 2-ри и 5-ти опит участниците навлизат в едно «плато», при което ефикасността варира в тесни граници между 70 и 72%.

**Фигура 3.** Средна ефективност на каутеризация за проведен пореден опит



### Efficiency of cauterization

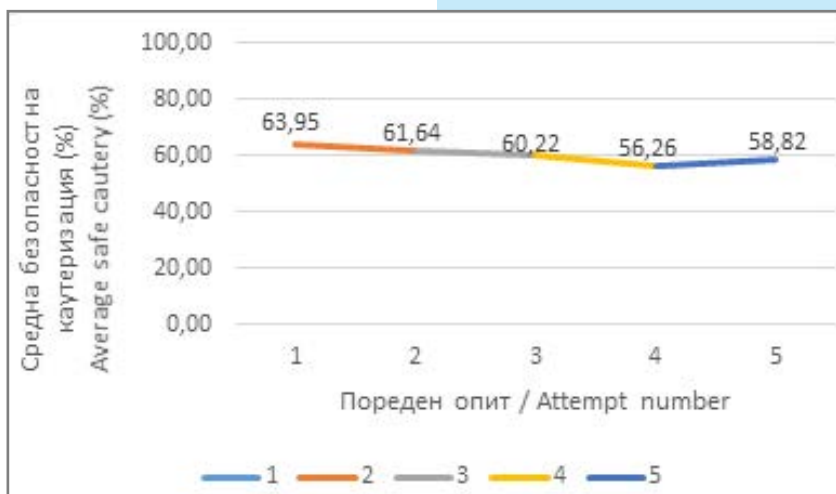
Cauterization - one of the most important elements of laparoscopic surgery. Figure 3 shows the average efficiency of cauterizing per an attempt. The results show a significant improvement again between the 1st and 2nd attempt. Between the 2nd and 5th attempts, the participants enter a „plateau“, where the effectiveness varies in a narrow range between 70% and 72%.

**Figure 3.** Average efficiency of cauterization per attempt

### Безопасност на каутеризация

Тенденцията за безопасност на каутеризацията е изобразена на Фигура 4. Процентното съотношение между 1-ви и 4-ти опит показва тенденция към намаляване на безопасността, от 63,95% до 56,26%. При петия опит започва повишаване на степента на безопасност. Тази тенденция към намаляване на безопасността на каутеризацията се дължи на усилията на участниците да намалят времето за извършване на процедурата. Това ни дава основание да отбележим, че скоростта на участниците се увеличава, но това е за сметка на безопасността.

**Фигура 4.** Средна безопасност на каутеризация за проведен пореден опит



### Safety of cauterization

The safety of cauterization trend is depicted in Figure 4. The percentage ratio between the 1st and the 4th experience shows a tendency to decrease safety, from 63.95% to 56.26%. On the fifth attempt, an increase in the safety rate begins. This tendency in a decrease of the safety of cauterization is due to the efforts of the participants to reduce the time to perform the procedure. This gives us reason to note that the speed of the participants is increasing, but this is at the expense of safety.

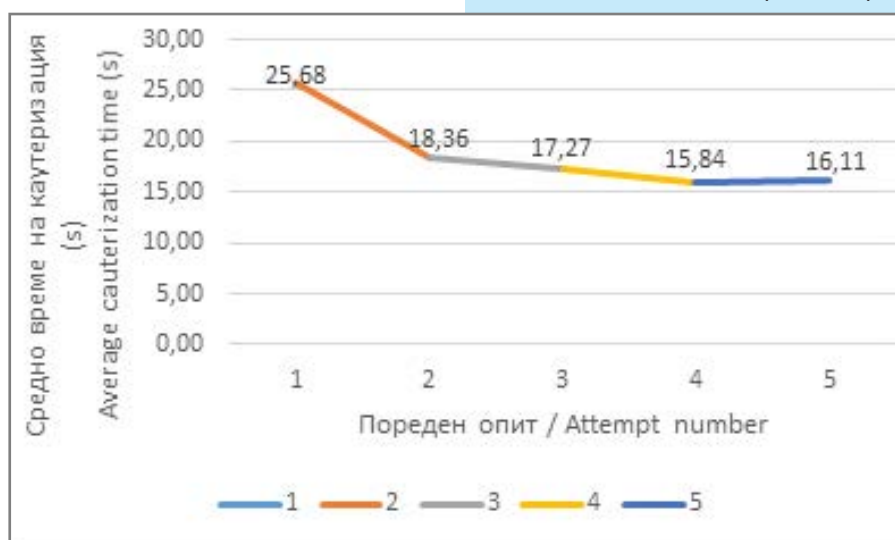
**Figure 4.** Safety of cauterization per attempt

Силно впечатление прави, че при пети спрямо четвърти опит, времето продължава да намалява, но пак започва да се наблюдава тенденция към повишаване на безопасността. Това ни дава индикации, че най-вероятно след пети опит, участникът започва да изпълнява интервенцията бързо, но това не трябва да бъде за сметка на безопасността. Това е основен принцип при реална оперативна интервенция – операцията да бъде извършена възможно най-бързо, но това да не бъде за сметка на качеството ѝ.

### Средно време на каутеризация без адекватен контакт със състванията

Използването на каутера без предназначение е опасно. То може да доведе до допир на структура, която не желаем да каутеризираме. Този критерий оценява именно това – целевата каутеризация на структура, която трябва да бъде прерязана. След преглед на резултатите, обобщени на Фигура 5 отново се забелязва рязко подобрене в резултатите между първи и втори опит, след което участникът навлиза в «плато» между 4-ти и 5-ти опит.

**Фигура 5.** Средно време за каутеризация за пореден опит



It is very impressive that in the fifth versus the fourth attempt, the time continues to decrease, but there is a tendency to increase safety. This may be due to the fact that after the fifth attempt, the participant begins to perform the intervention more quickly, however, this should not be at the expense of the safety. This is a basic principle in a real operative intervention – the operation should be performed as quickly as possible, but this should not be at the expense of its quality.

### Mean cauterization time without adequate adhesion contact

The average cauterization time without adequate adhesion contact per attempt is depicted in Figure 5. Using the cauter for no purpose is dangerous. It can lead to a touch of a structure that we do not want to cauterize. This criterion assesses this – the target cauterization of a structure that needs to be cut. As seen from the results in Figure 5, a sharp improvement in the results between the first and second attempts is observed again, followed by a „plateau“ between the 4th and 5th attempts.

**Figure 5.** Average cauterization time without adequate adhesion contact per attempt

## ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите от проведеното изследване могат да се обобщят както следва:

- Наблюдава се трайна, постоянна и бърза тенденция към подобрене на резултатите на участниците спрямо времето и икономичността в движенията в рамките на пет опита.
- Наблюдава се плавно подобрене на резултатите спрямо ефикасността на каутеризация. Не се достига експертно ниво от над 80%, но следейки покачването на кривата, смеем да отбележим, че този резултат би могъл да се постигне при 7-мо или 8-мо повторение.

## DISCUSSION

The results of these studies are summarised as follows:

- There is a lasting, constant and rapid tendency to improve the results of the participants in terms of time and economy in the movements within five attempts.
- There is a gradual improvement of the results in relation to the efficiency of cauterization. An expert level of over 80% is not reached, but following the rise of the curve, we dare to note that this result could be achieved with the 7th or 8th repetition.

- Безопасността на каутеризацията намалява за сметка на времето, но при пети опит се вижда тенденция към покачване, без това да повлиява негативно на времето на процедурата.
- Адекватният контакт с тъканите при каутеризация се подобрява плавно.

Постиженията в това проучване доведоха до следните насоки:

- Времето и икономичността в движенията биват усвоени най-бързо от страна на участника. Техните резултати значително се подобряват между отделните пет опита до достигане до експертно ниво на извършване на процедурата.
- Ефикасността и безопасността на каутеризация са уменията, които изискват повече внимание от страна на участника. За усвояването на експертно ниво на умения в това отношение трябва да се отдели повече време и прецизност. Фината моторика е от основно значение спрямо тези умения, а тя се усвоява по-бавно.
- Подобряването на резултатите на каутеризация не трябва да бъде за сметка на времето. Уменията трябва да са в синхрон, колкото бързо бъде извършена интервенцията, толкова ефективно и безопасно трябва да протече тя.

Тези важни насоки ще бъдат взети под внимание при оценяване на придобитите умения по време на обучението и необходимостта от допълнително обучение, с цел подобряване на специфични лапароскопски умения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Това проучване показва, че лапароскопският симулатор може ефективно да се използва при придобиване на фини двигателни умения по време на лапароскопска холецистектомия от студенти по медицина. Резултатите от това проучване са обобщени в насоки, използвани за оценка на придобитите от студентите по медицина лапароскопски умения, дали обучението е било достатъчно за тяхното усъвършенстване и кои от тях обучаващите се трябва да практикува по-дълго време. Въз основа на тези насоки е разработена подходяща учебна програма за обучение по лапароскопска хирургия, съобразена с резултатите от обучението. Чрез използването на симулатори за виртуална реалност студентите и специалистите по хирургия ще имат възможност значително да ускорят усвояването на специфични психомоторни възприятия и фини двигателни движения, необходими за лапароскопската хирургия.

- The safety of cauterization decreases at the expense of time, but on the fifth attempt there is a tendency to increase, without this negatively affecting the time of the procedure.
- Adequate contact with tissues during cauterization is gradually improving.

The achievements in this study resulted in the following guidelines:

- Time and economy in movements are assimilated most quickly by the participant. Their results are significantly improved between the five attempts to reach the expert level of the procedure.
- Efficacy and safety of cauterization are skills that require more attention from the participant. More time and precision must be devoted to the acquisition of expertise in this regard.
- Fine motor skills are essential to these skills, and they are learned more slowly.
- Improving the results of cauterization should not be at the expense of time. The skills must be synchronized, the faster the intervention must be carried out, the more effective and safe it must be.

These important guidelines will be taken into account when assessing the acquired skills during the training and the need for additional training in order to improve specific laparoscopic skills.

## CONCLUSIONS

This study showed that laparoscopy training simulator may be effectively used in acquisition of fine motor skills during laparoscopic cholecystectomy by Medical students. The results of this study are summarised in guidelines used to evaluate the acquired by the Medical students' laparoscopic skills, whether the training was sufficient for their improvement, and which of them the learner needs to practice for a longer time. Based on them, an adequate curriculum for training in laparoscopic surgery was developed, in accordance with the learning outcomes. Through the use of virtual reality simulators, students and specialists in surgery will have the opportunity to significantly accelerate the acquisition of specific psycho-motor perceptions and fine motor movements necessary for laparoscopic surgery.



## КНИГОПИС / REFERENCES

1. Meling, T.R., The impact of surgical simulation on patient outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 2021. 44(2): p. 843-854.
2. Rudiman, R., Minimally invasive gastrointestinal surgery: From past to the future. *Annals of Medicine and Surgery*, 2021. 71.
3. Pizzol, D., et al., Laparoscopy in low-income countries: 10-year experience and systematic literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021. 18(11).
4. Awad, E.T.K., M.A.F.A. Rahim, and A.M. Hassan, Predictive factors of difficult laparoscopic cholecystectomy. *Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 2021. 82(1):p. 67-73.
5. Hassler, K.R., et al., Laparoscopic Cholecystectomy. 2021.
6. Schirmer, B.D., K.L. Winters, and R.F. Edlich, Cholelithiasis and cholecystitis. *J Long Term Eff Med Implants*, 2005. 15(3): p. 329-38.
7. Alli, V.V., et al., Nineteen-year trends in incidence and indications for laparoscopic cholecystectomy: the NY State experience. *Surg Endosc*, 2017. 31(4): p. 1651-1658.
8. Collins, K.M. and M.B.M. Doyle, Chapter 23 - Intraoperative diagnostic techniques, in *Blumgart's Surgery of the Liver, Biliary Tract and Pancreas, 2-Volume Set (Sixth Edition)*, W.R. Jarnagin, Editor. 2017, Elsevier: Philadelphia. p. 413-421.e2.
9. Guerrero-Hernández, A.J., et al., Laparoscopic training by use of a physical simulator and its application in the general surgery residency. *Medicina Universitaria*, 2016. 18(73): p. 189-193.
10. Korndorffer, J.R., Jr, et al., Developing and Testing Competency Levels for Laparoscopic Skills Training. *Archives of Surgery*, 2005. 140(1): p. 80-84.
11. Mulla, M., et al., Learning basic laparoscopic skills: a randomized controlled study comparing box trainer, virtual reality simulator, and mental training. *J Surg Educ*, 2012. 69(2): p. 190-5.

### Адрес за кореспонденция:

Д-р Тургай Калинов  
Катедра по обща и оперативна хирургия  
Медицински университет-Варна  
Мобилен телефон: +359 887 341 055  
e-mail: turgaykalinov92@gmail.com

### Address for correspondence:

Turgay Kalinov  
Department of General and Operative Surgery  
Medical University – Varna  
Mobile phone: +359 887 341 055  
e-mail: turgaykalinov92@gmail.com

# ПРИЛОЖЕНИЕ НА БАКТЕРИЦИДНИ ЛАМПИ ЗА ДЕЗИНФЕКЦИЯ – ОЦЕНКА НА ЕКСПОЗИЦИЯТА И РИСКОВЕ ЗА ЗДРАВЕТО

Михаела Иванова<sup>1</sup>, Христина Петкова<sup>1</sup>, Петя  
Иванова<sup>1</sup>, Цветелина Шаламанова<sup>1</sup>, Мишел Израел<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национален център по общественото здраве и анализи

<sup>2</sup>Медицински университет - Плевен

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Бактерицидните свойства на ултравиолетовото лъчение (UV) се използват от повече от един век за дезинфекция на въздух, вода и повърхности. Ултравиолетовият – С (UVC) диапазон от оптичния спектър е известен като най-ефективен за инактивация на вируси и бактерии. В настоящата епидемична ситуация този метод е много полезен, тъй като комбинира висока бактерицидна ефективност без използване на химикали или в допълнение към традиционните методи за дезинфекция. Друго предимство е възможността за непрекъснат процес в присъствието на хора в „дезинфекцираното“ помещение. Предимствата на метода водят до голямо разнообразие на бактерицидни източници с различна конструкция и характеристики на пазара, предназначени за бита, здравни и учебни заведения, а също и за работната среда в различни производства. Остава въпросът дали приложението на бактерицидните лампи е безопасно предвид на множеството доказани вредни ефекти от експозицията с UV лъчение.

**Цел:** Целта на проучването е оценка на експозицията на UV лъчение от бактерицидни лампи, достъпни на пазара и безопасността на тяхното приложение.

**Материали и методи:** Приложен е метод за оценка на основата на измервания на плътността на мощност на UV лъчение около бактерицидни лампи. Направено е изследване на три вида бактерицидни излъчватели, налични на пазара. Измерванията на плътността на мощност са извършени на различни разстояния от източниците, в зависимост от техните конструктивни особености, препоръчания начин на приложение и точките на възможен достъп до излъчвателите. Резултатите са анализирани от гледна точка на възможните рискове за здравето от експозицията на UV лъчение от изследваните източници, в зависимост от техните характеристики.

**Резултати и обсъждане:** Резултатите от направените измервания показват много високи нива на плътността на мощност на UV лъчение за източниците от „открит“ тип. Значими нива на ултравиолетово лъчение са регистрирани също при вентилационните отвори на лампи от „закрит“ тип, но с прецизно определяне на мястото и начина на монтаж на източниците, експозицията на хора в помещенията може да бъде избегната. Представени са предложения за мерки, които трябва да се вземат за избягване на експозицията на хора с UVC от

# APPLICATION OF GERMICIDAL LAMPS FOR DISINFECTION - EXPOSURE ASSESSMENT AND HEALTH RISKS

Mihaela Ivanova<sup>1</sup>, Hristina Petkova<sup>1</sup>, Petya  
Ivanova<sup>1</sup>, Tsvetelina Shalamanova<sup>1</sup>, Michel Israel<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Center for Public Health and Analyses

<sup>2</sup> Medical University - Pleven

## ABSTRACT

**Introduction:** The germicidal properties of ultraviolet (UV) radiation have been used for more than a century to prevent airborne infections. The UVC range of the optical spectrum is known to be most effective for inactivating or killing viruses and bacteria. In the current epidemic situation, this method is very useful because it combines high germicidal without the use of chemicals or in addition to traditional methods of disinfection. Another advantage is the possibility of a continuous process in the presence of people in the „disinfected“ room.

The advantages of the method have led to a wide variety of germicidal sources with different construction and characteristics on the market, designed for households, medical and educational units, as well as for the working environment in different industries. The question remains whether the use of germicidal lamps is safe in view of the many proven harmful effects of exposure to UV radiation.

**Objective:** The aim of the study is to assess the exposure to UV radiation emitted by germicidal lamps available on the market and to evaluate the safety of their application.

**Materials and methods:** A method for estimation based on measurements of the UV radiation levels around germicidal sources is applied. A study of three types of germicidal lamps available on the market is performed. The measurements of irradiance are performed at different distances from the sources, depending on their design features, recommended method of application and points of possible access of humans to the sources. The results are analyzed in terms of possible health risks from UV radiation exposure from the studied sources, depending on their characteristics.

**Results and discussion:** The results of the measurements show very high levels of irradiance for „open“ type sources. Significant levels of UV radiation have also been registered at the ventilation grids of „closed“ type lamps, but with precise determination of the location and mounting of the sources, exposure of people in the premise can be avoided. Suggestions for protective measures to be taken in order to avoid exposure from the studied sources, respectively to avoid health risks

изследваните източници, съответно да се избегнат и рисковете за здравето.

**Заключение:** Този ефективен метод на дезинфекция (с бактерицидни лампи) може да бъде използван в помещения на обществени, учебни и лечебни заведения при условие, че се извършва контрол на източниците налични на пазара, оценка на техническите характеристики и прилагане на мерки за безопасност в зависимост от специфичното им приложение, като монтирането им бъде консултирано със специалист.

**Ключови думи:** ултравиолетово лъчение, бактерициден ефект, експозиция, дезинфекция, риск за здравето

## ВЪВЕДЕНИЕ

Дезинфекцията представлява унищожаване на патогенните микроорганизми (бактерии, вируси, фунги и спори) в околната среда. UV лъчение е сред основните физически методи, използвани за дезинфекция. Бактерицидното ултравиолетово лъчение включва спектралния диапазон от 200 nm до 280 nm, като горната граница съответства на горната граница на UVC диапазон, дефиниран от Международната комисия по осветление CIE.

Бактерицидните свойства на UV лъчение се използват от повече от един век (1). Още през 1877 г. Downes and Blunt (2) откриват свойството на слънчевото лъчение да спира растежа на микроорганизми. По-късно е установено, че способността на оптичното лъчение да унищожава микроорганизми зависи от дозата, спектралния диапазон и вида на микроорганизмите. През 1930 Gates (3) публикува първия аналитично определен активен спектър за бактерицидно действие с максимална ефективност при 265 nm, която е близка до максимума на излъчване на бактерицидните лампи с ниско налягане. През същата година лампи, излъчващи в UVC диапазон, започват да се използват за намаляване на нивата на преносимите по въздуха бактерии в операционни зали, но не се прилагат по време на операции, поради риска за очите и кожата на операционния персонал. Досега не са известни вируси, включително коронавируси SARS, MERS, COVID-19, микроорганизми, спори, които да не са податливи на унищожаване с UVC лъчение.

В последните години интересът е насочен към източници, излъчващи основно на дължина на вълната  $\lambda = 222$  nm, поради значително по-ниския риск, в резултат на по-малкото проникване на лъчението в човешката кожа, при аналогична бактерицидна ефективност (4). Използването на тези източници е свързано със съпътстващ риск от генерирането на озон при дължини на вълната под 240 nm.

Бактерицидният ефект на UVC лъчение се прилага в микробиологични боксове за инактивация на преносими по въздуха и намиращи се по повърхности микроорганизми, вируси и фунги, както и на обществени места като чакални на болници и др. Бактерицидни системи, излъчващи в UVC диапазон, се използват за дезинфекция на отпадъчни и питейни води, вода за хранителната и козметичната индустрия и плувни басейни.

are presented.

**Conclusion:** This effective method of disinfection (with germicidal lamps) can be used in the premises of public, educational and medical institutions, provided that the control of sources available on the market is performed including technical characteristics assessment and establishment of safety measures depending on the specifics of their application, and consultation of their installation with a specialist.

**Key words:** ultraviolet radiation, bactericidal effect, exposure, disinfection, health risk

## INTRODUCTION

Disinfection is a destruction of pathogenic microorganisms (bacteria, viruses, fungi and spores) in the environment. UV radiation is among the main physical methods used to prevent airborne infections. Germicidal radiation includes shortwave UV spectral range from 200 nm to 280 nm, the upper limit corresponding to the upper limit of the UVC range defined by the International Commission on Illumination CIE.

The germicidal properties of UV radiation have been used for more than a century (1). As early as 1877, Downes and Blunt (2) discovered the ability of solar radiation to stop the growth of microorganisms. Later it was found that the ability of optical radiation to kill microorganisms depends on the dose, spectral range and type of microorganisms. In 1930, Gates (3) published the first analytically determined germicidal action spectrum with a maximum efficiency at 265 nm, which is close to the maximum emission of low-pressure discharge lamps. In the same year, UVC lamps began to be used for reducing the levels of airborne bacteria in operating rooms, but were not used during operations due to the risk to the eyes and skin of operating personnel. So far no viruses, including coronaviruses SARS, MERS, COVID19, microorganisms, spores are known that are not susceptible to destruction by UVC radiation.

In recent years, interest has been focused on sources emitting mainly at wavelengths  $\lambda = 222$  nm, due to the significantly lower risk due to the lower penetration of radiation into human skin, with similar germicidal efficiency (4). It should be noted that the use of these sources is associated with a concomitant risk of ozone generation which occurs at wavelengths below 240 nm.

The germicidal effect of UVC radiation is used in microbiological boxes for inactivation of airborne and surface microorganisms, viruses and fungi, as well as in public places such as waiting rooms for hospitals and others. Germicidal systems emitting in the UVC range are used for disinfection of wastewater and drinking water, water for the food and cosmetics industry and swimming pools.

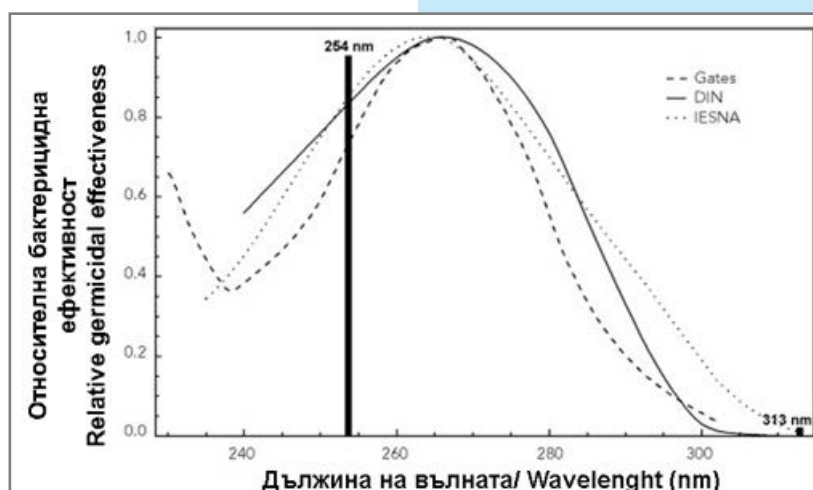
В настоящата епидемична ситуация този метод е много полезен, тъй като комбинира висока бактерицидна ефективност, без да се използват химикали или в допълнение към обичайните методи за дезинфекция. Друго предимство е възможността за непрекъснат процес, даже при присъствие на хора в „дезинфекцираното“ помещение.

Качествата на този метод доведоха до разработване и предлагане на голямо разнообразие от бактерицидни лампи на пазара с различен дизайн и технически характеристики, с цел приложение в медицината, бита, учебни заведения, а също и в работната среда в различни производства, офисни помещения и др. Същевременно остава въпросът дали приложението на бактерицидните лампи е безопасно за хората, предвид на множеството доказани вредни ефекти от експозицията с UV лъчение, включително и канцерогенен ефект.

Източниците на оптично лъчение, които се използват най-често за дезинфекция (6) са: Hg лампи с ниско налягане (100 – 400 Pa) и със средно налягане (1000 Pa). Тези типове лампи се използват повече от 90 години и в настоящия момент са основните на пазара. С развитието на технологиите за постигане на бактерициден ефект се разработват LED лампи, излъчващи на дължина на вълната  $\lambda = 265 - 275$  nm и ексимерни лампи – KrCl със силна емисия в тесен диапазон дължини на вълната около  $\lambda = 222$  nm и KrBr с емисия около 207 nm. Други източници, чиято емисия в UVC диапазон може да се използва за целите на дезинфекцията, са ксеноновите лампи, които могат да са с непрекъснато и импулсно излъчване.

Активният спектър за бактерицидно действие на UV лъчение е представен на Фигура 1 (1).

**Фигура 1.** Активен спектър за бактерицидно действие на UV лъчение



На фигурата са сравнени активните спектри, получени от Gates (3) за *Bacterium coli*, от Инженерното общество по осветление на Северна Америка (IESNA) (5), от DIN (Института по стандартизация на Германия), спрямо основното генерирано лъчение от Hg лампа с ниско налягане ( $\approx 254$  nm).

In the current epidemic situation, this method is very useful because it combines high germicidal efficiency without the use of chemicals or in addition to conventional disinfection methods. Another advantage is the possibility for a continuous process, even in the presence of people in the „disinfected“ room.

The features of the mentioned method have led to the development and distribution of a wide variety of germicidal lamps on the market with different designs and technical characteristics intended to be used in medicine, households, schools, as well as in the work environment in various industries, offices, etc. At the same time the question remains whether the use of germicidal lamps is safe for humans, given the many proven harmful effects of exposure to UV radiation, including carcinogenic effects.

The sources of optical radiation most often used for disinfection (6) are: low pressure (100 - 400 Pa) and medium pressure (1000 Pa) mercury discharge lamps. These types of optical sources have been used for more than 90 years and are currently the main ones on the market. With the development of technologies in order to achieve a germicidal effect, LED lamps emitting in wavelength range  $\lambda = 265 - 275$  nm and excimer lamps - KrCl with high emission at wavelengths around  $\lambda = 222$  nm and KrBr with an emission of about 207 nm are used. Other sources whose UVC emissions can be used for disinfection purposes are continuous wave (CW) and pulsed xenon lamps.

The action spectrum for germicidal effect of UV radiation is presented at Figure 1 (1).

**Figure 1.** Action spectrum for germicidal effect of UV radiation

The figure compares the action spectra obtained from Gates (3) for *Bacterium coli*; from the Lighting Engineering Society of North America (IESNA) (5), from DIN (German Standards Institute) and the relative output of a low-pressure Hg germicidal lamp ( $\approx 254$  nm).



Независимо от начина на генериране на лъчението, бактерицидните излъчватели могат да се разделят на следните основни категории:

- „Открит тип“ – излъчвателите (пурите на източника) са открити, няма преграда за лъчението, което е достъпно за пребиваващите в съответното помещение;
- „Закрит тип“ - с принудена вентилация – при тези източници излъчващите пури са поставени в затворен корпус, като въздухът в помещението се дезинфектира чрез принудено движение на въздушния поток около излъчвателите. При тази конструкция е възможно да се регистрира ултравиолетово лъчение при вентилационните отвори на източника или разсеяно лъчение от повърхности около източника.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

### 1. Бактерицидни лампи

В настоящото изследване са направени измервания и оценка на следните лампи:

- 1.1. Лампа V-TAC модел VT-3239, SKU-11208, с мощност на излъчване 38 W с отделяне на  $O_3$  – от открит тип. С оглед избягване на облъчването на потребителите на изделиято, то е снабдено с таймер, който забавя включването на излъчването с 10 s. Върху корпуса е монтиран датчик за движение, който при установяване на движение в помещението изключва лампата. Декларираният от производителя обхват на датчика за движение е 10 m. По техническа спецификация 1 бр. лампа е предназначена за осигуряване на дезинфекция на площ от 60 m<sup>2</sup>.
- 1.2. Зарядно за телефон с бактерицидна лампа GXTN UV Sterilizer&Charger – от открит тип, с предназначение за едновременно зареждане и дезинфекция на повърхността на телефон.
- 1.3. Лампа от закрит тип с излъчваща пура тип OSRAM T8 UVC, 15W: пурата е монтирана в затворена конструкция с вентилационни отвори в двата края. В единия край на лампата е монтиран вентилатор за осигуряване на движение на въздушния поток около излъчвателя.

### 2. Оценявани параметри

Физическите параметри, използвани за оценка на UV лъчение, са: плътност на мощност (на енергийния поток)  $E$ , W/m<sup>2</sup> и допустимо време на престой,  $t$ , s.

### 3. Използвана апаратура

Измерванията са извършени с Фотометър/Радиометър IL 1400A на фирма International Light, САЩ, с детектор SEL 240, с разсейвател тип W#6642, спектрален диапазон  $\lambda = 190 - 290$  nm.

Regardless of the radiation generation method, germicidal sources could be divided into the following main categories:

- „Open type“ - the emitters (tubes of the source) are not in a housing, there is no barrier to the radiation that could reach the occupants of the room;
- „Closed type“ - with forced ventilation - the emitting tubes of these sources are placed in a closed housing, and the disinfection is realized by forced movement of the air flow around the tubes. In such type of design, ultraviolet radiation could be detected at the ventilation slits of the source or scattered radiation from surfaces around.

## MATERIALS AND METHODS

### 1. Germicidal lamps

In the present study, measurements and evaluation of the following sources were performed:

- 1.1. V-TAC lamp model VT-3239, SKU-11208, power 38 W with  $O_3$  emission - open type. In order to avoid exposure of the product users, it is equipped with a timer that delays the switching on of the emission by 10 s. A sensor is mounted on the housing, which switches off the lamp when motion is detected in the room. The range of the motion sensor declared by the manufacturer is 10 m. According to the technical specification 1 lamp is designed to provide disinfection for 60 m<sup>2</sup> area.
- 1.2. Phone charger GXTN UV Sterilizer&Charger with germicidal lamp - open type, designed for simultaneous charging and disinfection of the phone surface.
- 1.3. Lamp with emitting tube OSRAM T8 UVC, 15W – closed type, the tube is mounted in a housing with ventilation slits at the both ends of the product. A fan is installed at one end of the lamp to ensure the movement of air flow around the emitter.

### 2. Measurement/assessment parameters

The measured parameters used for UV radiation assessment are: irradiance  $E$ , W/m<sup>2</sup> and maximum permissible exposure duration,  $t$ , s.

### 3. Used equipment

The measurements were performed with Photometer / Radiometer IL 1400A, International Light, USA with detector SEL 240, diffuser W # 6642, spectral range  $\lambda = 190 - 290$  nm.

#### 4. Нормативни документи

Основните нормативни документи, които третират изисквания към бактерицидните лампи, са директиви на ЕС, свързани с изисквания към електрически съоръжения, електромагнитна съвместимост, СЕ маркировка, ограничение за употребата на опасни вещества в електрическото и електронното оборудване, както и хармонизираните стандарти по тези директиви (7, 8, 9, 10). Гранични стойности за експозиция с UV лъчение са въведени от различни страни и организации, като сред тях преобладават нормативните документи за работна среда. През 2004 г. Международната комисия по защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) издава ръководства с гранични стойности на експозицията в UV диапазон (11). Впоследствие е въведена и Директива на ЕС (12) (транспонирана в националното законодателство с Наредба №5/2010 г. (13). Международната електрическа комисия (CIE) издава серия от стандарти с изискванията за безопасност на различни типове лампи, включително такива, излъчващи в UVC диапазона. Приложението на тези стандарти има доброволен характер. Основният стандарт, който касае безопасността на различни лампи, без оглед на тяхното приложение, е БДС EN 62471:2008 (14), който въвежда гранични стойности за експозиция с оптично лъчение, както и метод за класификация на източниците по степен на риск. Всички тези нормативни документи (11, 12, 13, 14) имат сходен подход за защита от UV лъчение и въвеждат аналогични гранични стойности на експозиция за UV диапазон на спектъра. Те представляват условията, при които се счита, че почти всички хора (работещи и население) могат да бъдат експонирани многократно без вредни ефекти за здравето.

Границите на експозиция за UV лъчение, падащо върху незащитени очи и кожа на човек, за всички цитирани нормативни документи са определени за който и да е 8-h период. В случай на по-продължителни експозиции граничните стойности следва да бъдат преизчислени. Предвид предназначението и принципа на използване на изследваните бактерицидни лампи не се предполага експозиция надвишаваща 8 h, от което следва, че не се налага корекция на граничната стойност за по-голямо време на експозиция. За спектралния диапазон на излъчване на бактерицидните лампи граничната стойност на експозиция, изразена в ефективна енергетична доза, е 30 J.m<sup>-2</sup>.

От измерените стойности на плътността на мощност на ултравиолетовото лъчение са изчислени допустимите времена на престой, на различни разстояния от източника.

$$t_{max} = \frac{30}{E},$$

където E е измерената стойност на плътността на мощност на лъчението, W/cm<sup>2</sup>;

t<sub>max</sub> е допустимото време на престой, s.

В конкретния случай, при използване на източниците от население, това време е само показателно за риска от облъчване, тъй като не може да се изисква и контролира спазването му.

#### 4. Legislation

The main normative documents for germicidal lamps are EU Directives concerning requirements for electrical equipment, electromagnetic compatibility, CE marking, restrictions on the use of hazardous substances in electrical and electronic equipment, and harmonized standards under these Directives (7, 8, 9, 10). Exposure limit values for UV radiation have been introduced by various countries and organizations, but legislative documents for the working environment predominate. In 2004, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) published guidelines on limits of exposure to UV radiation (11). Subsequently, the European Commission adopted Directive 2006/25/EC (12) that was transposed into national legislation by Ordinance No.5/2010 (13). The International Commission on Illumination (CIE) and International Electrotechnical Commission (CEN) issued series of standards with safety requirements for various types of lamps, including UVC sources. The application of these standards is voluntary. The main standard concerning the safety of various lamps, regardless of their application, is EN 62471: 2008 (14), which introduces exposure limit values for optical radiation, as well as a method for risk group classification of sources according to the potential risk. All these legislative documents (11, 12, 13, 14) have a similar approach to protection against UV radiation and introduce similar exposure limit values for the UV range of the spectrum. They represent the conditions under which it is believed that almost all people (workers and the population) could be exposed repeatedly without harmful effects on health.

Exposure limits for UV radiation falling on unprotected eyes and skin for all cited regulations are set for any 8-h period. In case of longer exposures, the limit values should be recalculated. Given the purpose and principle of use of the studied germicidal lamps, an exposure duration exceeding 8 hours is not expected, so recalculation and adjustment of the limit value is not needed. For the spectral range of germicidal lamps emission, the exposure limit value expressed in radiant exposure is 30 J.m<sup>-2</sup>.

The maximum permissible exposure duration at different distances from the source are calculated on the basis of the measured irradiance values.

$$t_{max} = \frac{30}{E},$$

where E is the measured value of the irradiance, W/cm<sup>2</sup>;

t<sub>max</sub> is the maximum permissible exposure duration, s.

In the specific case, when using the sources by the general population, these exposure durations are only indicative of the potential risk of UV exposure, as their observance cannot be required and controlled.

## 5. Метод на измерване

Измерванията са направени на типови източници, като подходът при извършване на измерванията е определен от спецификата на всеки от тях, както и начина на тяхното използване и възможния достъп на хора до тях по време на излъчване. Източникът от закрит тип е изследван в лабораторни условия и при монтиране на място в офисно помещение.

### 5.1. Бактерицидна лампа „открит тип“ V-TAC модел VT-3239, SKU-11208 с мощност на излъчване 38 W, с отделяне на озон ( $O_3$ ) (Фигура 2)

Фигура 2. V-TAC модел VT-3239, SKU-11208



Няколко лампи от разглеждания тип са закупени за подпомагане на дезинфекцията на въздуха в класни стаи в училище. Измерванията са извършени за установяване на нивата на UV лъчение в близост до източника, за проверка на декларираната от производителя система за забавено включване. Направен е тест и на датчика за движение, с оглед установяване безопасността на използване на излъчвателите в помещения (в конкретния случай класни стаи на училище). Изследвана е зависимостта на работата на двете системи от ориентацията на лампата.

За оценка на най-неблагоприятния възможен сценарий на облъчване на ученици/персонал от лампата (най-лош случай от гледна точка на възможна експозиция с UV лъчение), измерванията са извършени на нивото на излъчващите пури, на различно разстояние от тях.

Разгледан е и въведеният от управлението на училището протокол за работа с бактерицидните лампи.

### 5.2. Зарядно за телефон с бактерицидна лампа GXTN UV Sterilizer&Charger (Фигура 3)

Фигура 3. Зарядно за телефон с бактерицидна лампа GXTN UV Sterilizer&Charger



## 5. Method of measurement

The measurements were made on typical germicidal sources, and the approach in performing the measurements is determined by the specifics of each of them, as well as the method of use and possible access of people to them during the emission. The source of the “closed type” has been tested in laboratory conditions and when installed on site in an office space.

### 5.1. „Open type“ germicidal lamp V-TAC model VT-3239, SKU-11208, 38 W with ozone emission ( $O_3$ ) (Figure 2)

Figure 2. V-TAC model VT-3239, SKU-11208

Several lamps of this type were purchased in order to ensure or contribute to disinfection of the air in classrooms at school. The measurements were performed to determine the levels of UV radiation near the source, to check the system for delayed start declared by the manufacturer. A test of the motion sensor was also made in order to establish if it is safe to use emitters in the rooms (in this case classrooms at school). The dependence of the operation of both systems on the orientation of the lamp was studied as well.

To assess the most unfavorable possible exposure scenario of students / staff to the lamp (worst case in terms of possible exposure to UV radiation), the measurements were performed at the level of the emitting tubes, at different distances from them.

The protocol for using germicidal lamps implemented by the school management was also considered.

### 5.2. Phone charger with germicidal lamp GXTN UV Sterilizer & Charger (Figure 3)

Figure 3. Phone charger with germicidal lamp GXTN UV Sterilizer & Charger

Поради липса на данни за спектъра на излъчване на изделието в документацията от производителя е направено измерване на UV лъчение на едно разстояние от излъчващата пура, при което е установено, че лампата излъчва в UVC диапазон. Геометричните особености на продукта и размерите на използваните датчици не позволяват измервания на различни разстояния директно срещу излъчващата пура, но това не представлява проблем, тъй като предназначението и конструкцията на изделието не предполага експозиция на човек, директно срещу излъчващата пура. Поради тази причина, измерванията с цел оценка на евентуалната експозиция на потребителите и изготвяне на препоръки за използване, са извършени успоредно и перпендикулярно на излъчващата пура на различни разстояния от корпуса на продукта.

### 5.3. Лампа от закрит тип с пура OSRAM T8 UVC 15 W (Фигура 4)

Фигура 4. OSRAM T8 UVC, 15 W



Измерванията на UV лъчение, излъчвано от лампа от „закрит“, проточен тип в лабораторни условия са направени по продължение на излъчващата пура - около корпуса на лампата и в двата ѝ края, от страната на вентилатор и от страната на пура, на различни разстояния от решетките на тръбата. Резултатите са регистрирани при две положения на датчика на измервателната апаратура – успоредно на повърхността на решетката и под ъгъл, успоредно на ламелите на решетката.

В реални условия измерванията са направени след консултиране на разположението на източниците със собственика на офисно помещение. В този случай целта е да се определи дали в местата на достъп на работещите в помещението, при спазване на препоръките за монтаж на лампите, се регистрират хигиенно значими нива UV лъчение.

Във всички случаи при измерванията са спазени основните изисквания на стандартите на CIE (14, 15) и препоръчителното ръководство за добра практика при прилагане на Директива 2006/25/ЕО (16).

Due to the lack of data on the emission spectrum of the product in the documentation, provided by the manufacturer, UV radiation was measured at a single distance from the emitting tube, to prove that it emits in UVC range. The geometrical features of the product and the dimensions of the sensors used do not allow measurements at different distances directly against the emitting tube, but this is not a problem, as the purpose and construction of the product does not imply human exposure directly against the emitting tube. For this reason, measurements to assess the potential exposure of consumers and to make recommendations for use have been made parallel and perpendicular to the emitting tube at various distances from the product body.

### 5.3. Closed type lamp with tube OSRAM T8 UVC 15 W (Figure 4)

Figure 4. OSRAM T8 UVC, 15 W

Measurements of UV radiation emitted by a “closed”, flow type lamp in laboratory conditions are made along the emitting tube - around the lamp body and at both ends, on the fan side and on the tube side, at different distances from the slits on the both sides of the lamp body. The results are registered in two positions of the sensor of the measuring equipment - parallel to the surface of the grid and at an angle parallel to the slits of the grid.

In real conditions, the measurements were made after consulting the location of the sources with the owner of the office space. In this case, the aim is to determine whether significant levels of UV radiation are registered in the points of the workers access in the room, in compliance with the recommendations for installation of the lamps.

In all cases, the measurements were performed in compliance with the basic requirements of the CIE standards (14, 15) and the guide to good practice for implementing Directive 2006/25 / EC (16).



## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

- Лампа „открит тип“ V-TAC модел VT-3239, SKU-11208, с мощност на излъчване 38 W с отделяне на озон (O<sub>3</sub>)

Резултатите от направените измервания на плътността на мощност на UV лъчение, излъчвано от лампа V-TAC модел VT-3239, SKU-11208, са представени в Таблица 1.

**Таблица 1.** Плътност на мощност на UV лъчение, излъчено от лампа V-TAC модел VT-3239

| No | Място на измерване<br>Place of measurement                                                                     | Плътност на мощност на<br>лъчението, mW/cm <sup>2</sup><br>Irradiance, mW/cm <sup>2</sup> |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | На разстояние /At a distance L ≈ 5.00 m                                                                        | 1.66                                                                                      |
| 2. | На разстояние /At a distance L ≈ 4.00 m                                                                        | 2.64                                                                                      |
| 3. | На разстояние /At a distance L ≈ 3.00 m                                                                        | 4.30                                                                                      |
| 4. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.50 m                                                                        | 4.70                                                                                      |
| 5. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.40 m                                                                        | 6.60                                                                                      |
| 6. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.30 m                                                                        | 8.00                                                                                      |
| 7. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.20 m                                                                        | 9.00                                                                                      |
| 8. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.10 m                                                                        | 12.00                                                                                     |
| 9. | На разстояние /At a distance L ≈ 2.00 m<br>(автоматично изключване на лампата/<br>auto switch off of the lamp) | 17.97                                                                                     |

*Забележка: Измерването е извършено при много бавно придвижване в помещението след изчакване на 10-секундния таймер.*

Резултатите от направените измервания показват разлика в стойностите на плътността на мощност на лъчението в зависимост от ориентацията на лампата. Нехомогенността на плътността на мощност е закономерна поради несиметричното разположение на излъчващите пури. В таблицата са представени максималните стойности, регистрирани при ориентация на датчика за движение перпендикулярно на оста, по която са извършени измерванията. Изчисленията показват, че престоят на всички описани разстояния от източника е недопустим. Дори на разстояние 5 m, изчисленото допустимо време на престой е 1 s.

Сравнени с приложените нормативни документи (11, 12, 13, 14) стойностите на плътността на мощност на UV лъчение надвишават дневната гранична стойност за 8-часов ден (в нормативните документи 12 и 13 – 8-часов работен ден). Следователно престоят с незащитени очи и кожа при включена лампа, на нейното ниво, може да представлява риск за здравето на потребителите (ученици, персонал, различни групи население). Трябва да

## RESULTS AND DISCUSSION

- „Open type“ lamp V-TAC model VT-3239, SKU-11208, power 38 W with with O<sub>3</sub> emission

The results of the measurements of irradiance of UV radiation emitted by a V-TAC lamp model VT-3239, SKU-11208 are presented in Table 1.

**Table 1.** Irradiance of UV radiation emitted by V-TAC lamp model VT-3239

*Note: The measurement was performed with very slow movement in the room after waiting for the 10-second timer.*

The results of the measurements show a difference in of the irradiance values depending on the orientation of the lamp. The inhomogeneity of the irradiance is expected due to the asymmetrical position of the emitting tubes. The table shows the maximum values obtained when the motion sensor is oriented perpendicular to the axis on which the measurements were made. The calculations show that the stay at all described distances from the source is not permitted. Even at a distance of 5 m, the calculated maximum permissible exposure duration is 1 s.

Compared to the considered standards (11, 12, 13, 14) the values of the irradiance exceed the limit value for 8 hours per day (in the documents 12 and 13 - 8 hours working day). Therefore, staying with unprotected eyes and skin when the lamp is on, at its level, can pose a risk to the consumers health (students, staff, different groups of the population). However, it should be noted that the measured values are recorded while avoiding

се отбележи обаче, че измерените стойности са регистрирани при избягване на защитите на лампата, а именно отложеният старт и датчика за движение.

Направеният експеримент за тестване на работата на двете системи за защита на потребителите на бактерицидна лампа показва следното:

- Системата за отложен старт дава възможност за отдалечаване от източника преди включване на излъчването – 10 s, което позволява безопасно напускане на помещението;
- Датчикът за движение, при описаната конфигурация на източника, сработва при отваряне на вратата на помещението и при движение с нормална скорост в помещението. При неподвижно положение на човек, източникът се включва отново след 10 s. При бавно придвижване в помещението, най-малкото разстояние, на което се включва датчикът за движение, е 2 m. Това означава, че независимо от вградените защити в изделието съществува риск от облъчване на потребителите с UV лъчение.

Установените при измерванията високи нива на UV лъчение дават основание да се счита, че източникът не е безопасен за употреба в неконтролирани условия на излъчване. Спазването на въведения от ръководството протокол за използване на бактерицидните лампи е насочен към избягване на облъчването на ученици, учители и мощен персонал.

Независимо от това, поради регистрираните високи нива на UV лъчение, е необходимо да се обърне по-специално внимание на следните мерки при ползване на бактерицидните излъчватели в помещения на училището: да не се извършва дезинфекция при наличие на хора в помещенията; лампите да не бъдат оставяни без надзор при наличие на ученици в сградата на училището; персоналът, който извършва дезинфекцията, да бъде запознат с рисковете при работа с тези източници, както и за начините за избягване на рисково поведение при работа с тях, а също и при съмнение за облъчване с UV лъчение да се информира медицинското лице на училището.

- **Безжично зарядно устройство с UV стерилизираща лампа**

Резултатите от направените измервания на плътността на мощност на UV лъчение, излъчвано от стерилизираща лампа в *безжично зарядно устройство* са представени в Таблица 2.

the protection of the lamp, namely the delayed start and the motion sensor.

The experiment performed to test the operation of both consumer protection systems of the lamp showed the following:

- The delayed start of the system allows moving away from the source before turning on the emission - 10 s, which gives the possibility for safe leaving room;
- The motion sensor, in the described source configuration, is activated when the door of the room is opened and when moving at normal speed in the room. When the person is stationary, the source is switched on again after 10 s. When moving slowly in the room, the minimum distance at which the motion sensor is switched on is 2 m. This means that regardless of the built-in protections in the product, there is a risk of consumers' exposure to UV radiation.

The high levels of UV radiation found by measurements give reason to believe that the source is not safe for use in uncontrolled conditions. Adherence to the protocol introduced by the management for the use of germicidal lamps is aimed at avoiding exposure of students, teachers and support staff.

Nevertheless, due to the registered high levels of UV radiation, it is necessary to pay special attention to the following measures when using germicidal sources in school premises: disinfect to be performed without the presence of people in the premises; the lamps should not be left unattended if there are students in the school building; Disinfection personnel should be aware of the risks connected with work with these sources, as well as principles for avoiding risk behavior when working with them, in case of suspicion of exposure to UV radiation to inform the medical staff of the school.

- **Wireless phone charger with UV sterilization lamp**

The results of the irradiance measurements of UV radiation emitted by a sterilization (germicidal) lamp incorporated in a *wireless charger* are presented in Table 2.

**Таблица 2.** Плътност на мощност на UV лъчение, излъчено от стерилизираща лампа в безжично зарядно устройство

**Table 2.** Irradiance of UV radiation emitted by a sterilization (germicidal) lamp incorporated in a wireless charger

| No        | Място на измерване<br>Place of measurement                                                                                                                                                             | Плътност на мощност на<br>лъчението, mW/cm <sup>2</sup><br>Irradiance, mW/cm <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> | <b>Директно срещу излъчващата пура, в корпуса на изделието/<br/>Directly against the emitting tube, inside the product casing</b>                                                                      |                                                                                           |
| 1.1.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.02$ m                                                                                                                                                        | 5.76                                                                                      |
| <b>2.</b> | <b>Успоредно на излъчващата пура, извън корпуса на изделието/<br/>In parallel to the emitting tube, outside the product casing</b>                                                                     |                                                                                           |
| 2.1.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.10$ m                                                                                                                                                        | 0.51                                                                                      |
| 2.2.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.20$ m                                                                                                                                                        | 0.15                                                                                      |
| 2.3.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.30$ m                                                                                                                                                        | 0.14                                                                                      |
| 2.4.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.50$ m                                                                                                                                                        | 0.094                                                                                     |
| 2.5.      | На разстояние /At a distance $L \approx 1.00$ m                                                                                                                                                        | 0.094                                                                                     |
| <b>3.</b> | <b>Перпендикулярно на излъчващата пура, извън корпуса на изделието/Perpendicular to the emitting tube, outside the product casing</b>                                                                  |                                                                                           |
| 3.1.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.10$ m                                                                                                                                                        | 0.38                                                                                      |
| 3.2.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.20$ m                                                                                                                                                        | 0.19                                                                                      |
| 3.3.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.30$ m                                                                                                                                                        | 0.15                                                                                      |
| 3.4.      | На разстояние /At a distance $L \approx 0.50$ m                                                                                                                                                        | 0.14                                                                                      |
| 3.5.      | На разстояние /At a distance $L \approx 1.00$ m                                                                                                                                                        | 0.12                                                                                      |
| <b>4.</b> | <b>Отразено лъчение от долната повърхност на изделието на ниво на пурата, без поставен телефон/Reflected radiation from the lower surface of the product at the level of the tube, without a phone</b> | <b>0.057</b>                                                                              |

Измерванията на плътността на мощност на UV лъчение от зарядно устройство със стерилизираща лампа показват значителни стойности на лъчението около корпуса на изделието. Стойностите на плътността на мощност на UV лъчение надвишават дневната гранична стойност за 8-часов ден, съгласно изискванията на нормативните документи (11, 12, 13, 14). Допустимото време на престой, изчислено за максималното разстояние от източника  $L \approx 1$  m, съгласно таблица 2, е по-малко от 1 min. Този резултат показва, че престоят с незащитени очи и кожа при включена лампа на продукта, на нейното ниво, може да представлява риск за здравето на потребителите. Продуктът може да се използва за дезинфекция на повърхностите на телефони, но без присъствие на хора в помещението, в което е включен.

На базата на получените резултати следва да се постави въпросът дали подобно изделие следва да бъде използвано в бита, където трудно може да се контролира достъпът до излъчващото устройство и експозицията на населението.

Резултатите от направените измервания на плътността на мощност на UV лъчение, излъчвано от лампа от „закрит“ тип в лабораторни условия, са представени в Таблица 3.

Measurements of the UV radiation irradiance emitted by a charger with incorporated sterilization lamp show significant values of radiation around the housing of the product. The values of the UV radiation irradiance exceed the exposure limit value for any 8-h period, according to the requirements of the normative documents (11, 12, 13, 14). The permissible exposure duration calculated for the maximum distance from the source  $L \approx 1$  m, according to Table № 2, is less than 1 min. This result shows that staying with unprotected eyes and skin when the studied lamp is on, at its level, can pose a risk to the consumers' health. The product can be used to disinfect the surfaces of phones, but without the presence of people in the room when the lamp is switched on.

On the basis of obtained results, the question that arises is whether such a device should be used in households, where it is difficult to control access to the source and exposure of the population.

The results of the measurements of the irradiance of UV radiation emitted by a „closed“ type lamp in laboratory conditions are presented in Table 3.

**Таблица 3.** Плътност на мощност на UV лъчение, излъчено от лампа от „закрит“ тип в лабораторни условия

**Table 3.** Irradiance of UV radiation emitted by a „closed“ type lamp in laboratory conditions

| No        | Място на измерване<br>Place of measurement                              | Плътност на мощност на<br>лъчението, mW/cm <sup>2</sup><br>Irradiance, mW/cm <sup>2</sup> |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1.</b> | <b>От страната на вентилатора/On the fan side</b>                       |                                                                                           |
| 1.1.      | До повърхността на решетка/<br>To the surface of the grid               | 0.001                                                                                     |
| 1.2.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.05 m                                 | 0.001                                                                                     |
| 1.3.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.10 m                                 | Не се регистрира/<br>Not registered                                                       |
| <b>2.</b> | <b>От страната на пурата/On the tube side</b>                           |                                                                                           |
| 2.1.      | Успоредно на повърхността на решетката/<br>Parallel to the grid surface |                                                                                           |
| 2.1.1.    | До повърхността на решетката/<br>At the surface of the grid             | 1.320                                                                                     |
| 2.1.2.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.05 m                                 | 0.436                                                                                     |
| 2.1.3.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.10 m                                 | 0.058                                                                                     |
| 2.1.4.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.15 m                                 | 0.032                                                                                     |
| 2.1.5.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.20 m                                 | 0.011                                                                                     |
| 2.1.6.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.25 m                                 | 0.005                                                                                     |
| 2.1.7.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.30 m                                 | 0.003                                                                                     |
| 2.1.8.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.35 m                                 | 0.002                                                                                     |
| 2.1.9.    | На разстояние /At a distance L ≈ 0.70 m                                 | 0.001                                                                                     |
| 2.1.10.   | На разстояние /At a distance L ≈ 0.80 m                                 | 0.001                                                                                     |
| 2.1.11.   | Над/ Above L ≈ 1.0 cm                                                   | Не се регистрира/Not<br>registered                                                        |
| 2.2.      | Успоредно на ламелите на решетката/Parallel to<br>the slats of the grid |                                                                                           |
| 2.2.1.    | На разстояние /At distance L ≈ 0.05 m                                   | 0.018                                                                                     |
| 2.2.2.    | На разстояние /At distance L ≈ 0.10 m                                   | 0.002                                                                                     |
| 2.2.3.    | На разстояние /At distance L ≈ 0.15 m                                   | 0.001                                                                                     |
| 2.2.4.    | На разстояние /At distance L ≈ 0.20 m                                   | Не се регистрира/Not<br>registered                                                        |

Резултатите от направените измервания на плътността на мощност на UV лъчение, излъчвано от лампа от „закрит“ тип, монтирани в офисно помещение, са представени в Таблица 4.

The results of the measurements of irradiance of UV radiation emitted by a „closed“ type lamp, installed in office premises are presented in Table 4.

**Таблица 4.** Плътност на мощност на UV лъчение, излъчено от лампа от „закрит“ тип, монтирани в офисно помещение

**Table 4.** Irradiance of UV radiation emitted by a „closed“ type lamp, installed in office premises

| No        | Място на измерване/<br>Place of measurement                                                                                                                     | Плътност на мощност<br>на лъчението, mW/cm <sup>2</sup><br>Irradiance, mW/cm <sup>2</sup> |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | <b>В офисни помещения /In office premises</b>                                                                                                                   |                                                                                           |
| <b>1.</b> | <b>Източник при вход на офисно помещение, разположен на височина h = 1.20 m/<br/>Source at the entrance to an office premise located at a height h = 1.20 m</b> |                                                                                           |
| 1.1.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.10 m                                                                                                                         | 0.193                                                                                     |
| 1.2.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.20 m                                                                                                                         | 0.013                                                                                     |
| 1.3.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.50 m                                                                                                                         | 0.001                                                                                     |
| 1.4.      | На разстояние /At a distance L ≈ 0.70 m                                                                                                                         | < 0.001                                                                                   |
| <b>2.</b> | <b>Източник в офис помещение, разположен на височина h = 1.80 m/<br/>Source inside an office premise located at a height h = 1.80 m</b>                         |                                                                                           |
| 2.1.      | На разстояние, встрани /At a distance, aside L ≈ 1.00 m                                                                                                         | < 0.001                                                                                   |
| 2.2.      | На разстояние /At a distance L ≈ 1.00 m                                                                                                                         | < 0.001                                                                                   |
| 2.3.      | На разстояние /At a distance L ≈ 2.50 m                                                                                                                         | < 0.001                                                                                   |
| 2.4.      | На всички работни места /At all work places level                                                                                                               | < 0.001                                                                                   |



Направеното изследване в лабораторни условия показва, че измерените стойности на плътността на мощност на UV лъчение, при този тип лампа зависят от разположението спрямо отворите в кожуха на източника, както и от разстоянието до нея, т.е. в случая начинът на монтаж е от съществено значение. При вентилационни отвори или други конструктивни отвори на системата се регистрират нива на UV лъчение, които надвишават дневната гранична стойност за 8-часов ден, съгласно изискванията (11, 12, 13, 14). От получените данни от изследване на лампата от „закрит“ тип може да се направи изводът, че независимо от предназначението на източника за използване в присъствието на хора в помещението, безопасната му употреба може да се постигне при спазване на следните условия: измерване на нивата на UV лъчение, за да се определи правилно мястото на монтиране, разположение (Ъгъл на монтаж) извън зрителното поле на пребиваващите в помещението, така че да се избегне попадане на лъчение върху незащитени очи или кожа на хора при включени излъчватели.

Измерванията на нивата на UV лъчение на работни места в офисни помещения, след монтиране на бактерицидните излъчватели от „закрит“ тип показват, че проведените предварителни измервания и консултации са довели до избягване на облъчването на персонала с бактерицидно UV лъчение. По-високи стойности са регистрирани само в близост до източниците, на разстояние до 0.50 m от тях, където не се предполага престой на персонал. Това означава, че рискът от облъчване с лампите от „закрит“ тип може да се управлява в контролирани условия.

Резултатите от направените изследвания показват, че при разглежданите източници се регистрират плътности на мощността на UV лъчение, надвишаващи граничните стойности за 8-часов период. Тези източници са достъпни на пазара за използване от населението, което може да разчита само на указанията за безопасна експлоатация от производителя и на декларациите за безопасност. Високите регистрирани нива на UV лъчение показват, че тези източници не могат да бъдат използвани без предварителни измервания, контрол и консултации със специалист. Употребата им в „неконтролирани“ условия може да създаде риск за здравето.

При някои от тях за подсилване на ефекта на UV лъчение се генерира и озон, който също има бактерициден ефект. Трябва да се има предвид, обаче, че в големи концентрации той може да бъде токсичен.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данните от научните изследвания и от практическите приложения показват, че използването на бактерицидни лампи е изключително ефективен метод за подпомагане и осигуряване на дезинфекцията на въздуха и повърхности в помещения в обществени и производствени сгради, детски, учебни и лечебни заведения.

Използването на бактерицидни лампи, обаче, е свързано с рискове за здравето на хората. Следователно начинът на използването на източниците и начинът на монтирането

The study performed in laboratory conditions shows that the measured values of the UV radiation irradiance for this type of lamp depends on the location in respect to the slits in the housing of the source, as well as the distance to it, i.e. in this case the method of installation is essential. At the ventilation slits or other structural openings of the system, the registered levels of UV radiation exceed the exposure limit value for any 8-h period, according to the requirements of (11, 12, 13, 14). On the basis of data obtained from the study of the „closed“ type lamp it can be concluded that regardless of the purpose of the source to be used in the presence of people in the room, its safe use could be achieved under the following conditions: measurement of UV radiation levels to determine the correct place of mounting, angle of installation outside the field of view of the occupants of the room, in order to avoid exposure of unprotected eyes or skin of people when the emitters are turned on.

Measurements of UV radiation levels on workplaces in office premises after the installation of “closed” type germicidal emitters show that the preliminary measurements and consultations have led to the avoidance of staff exposure to germicidal UV radiation. Higher values are registered only in the vicinity of the sources, at a distance of 0.50 m from them, where no staff stay is expected. This means that the risk of exposure to UV radiation emitted by „closed“ type lamps can be managed under controlled conditions.

The results of the performed researches show that at the considered sources densities of the power of UV radiation exceeding the limit values for an 8-hour period are registered. These sources are available on the market for use by the general public, who can only rely on the manufacturer's instructions for safe operation and safety declarations. The high recorded levels of UV radiation show that these sources cannot be used without prior measurements, control and consultation with a specialist. Using them in „uncontrolled“ conditions can pose a health risk.

In some of them, ozone is generated to enhance the effect of UV radiation, which also has a germicidal effect. It should be borne in mind, however, that in high concentrations ozone could be toxic.

## CONCLUSION

Data from research and practical applications show that the use of germicidal lamps is an especially effective method to support and ensure disinfection of air and surfaces in rooms in public and industrial buildings, kindergartens, educational and medical institutions.

However, the use of germicidal lamps is associated with risks to human health, and therefore the application of sources, the way of mounting in the premises should be controlled. In order to avoid overexposure of

им в помещенията следва да бъде контролиран, монтирането да бъде консултирано със специалист, при което да се осигури до обитателите на съответните помещения/обществени места да не достигат нива на UV лъчение над граничните стойности за експозиция, което може да се докаже само с измервания. По отношение на характеристиките на излъчвателите, те трябва да отговарят най-малко на следните изисквания: да излъчват в UVC диапазон на оптичния спектър, който е с максимална бактерицидна ефективност; да са снабдени с документация за спектъра и мощността на излъчване; да са налични данни от производителя по отношение на кубатурата на помещението, за което са предназначени и времето на експозиция за постигане на определена бактерицидна ефективност; да отговарят на изискванията на документите на ЕС.

Тези условия не могат да бъдат спазени при използване на бактерицидни лампи в бита – те излъчват много високи нива на UV лъчение и начинът на приложението им не може да бъде консултиран за всеки отделен случай. Още повече липсата на сетива при човека за UV лъчение (човешкото око регистрира само видимото лъчение) може да доведе до подценяване на рисковете за здравето, свързани с потенциалната експозиция на бактерицидно лъчение.

Повдигнатите въпроси от населението, различни страни и организации по отношение на възможните рискове за здравето от използването на бактерицидни лампи за целите на дезинфекцията, са разгледани от СЗО, Международната комисия по защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) и Международната комисия по осветление (CIE) и Глобалната асоциация по осветление (17, 18, 19, 20), които са представили становища по отношение на рисковете за здравето при управление на риска от COVID-19 с помощта на бактерицидни лампи. Техните становища включват следните ограничения при използване на бактерицидните лампи:

- Те могат да се използват за дезинфекция на въздуха и повърхности в помещения, но не следва да се използват за директно облъчване на кожата и очите с цел дезинфекция;
- Употребата им е свързана с рискове за здравето, и следователно начинът на използването на източниците, начинът на монтирането им в помещения следва да бъдат контролирани, консултирани със специалист, при което да се осигури до обитателите на съответните помещения/обществени места да не достигат нива на ултравиолетовото лъчение над граничните стойности за експозиция, което може да се докаже с измервания;
- Не се препоръчва използването на бактерицидни лампи в домашни условия, поради възможните рискове за здравето.

Резултатите от нашите изследвания на бактерицидни лампи, предлагани на пазара у нас, съответстват на основните положения в тези становища.

residents in the corresponding premises / public places the installation should be consulted with a specialist. That could be proven only by measurements. With regard to the characteristics of the emitters, they must meet at least the following requirements: to emit in the UVC range of the optical spectrum, which has the maximum germicidal efficiency; to be provided with documentation for the spectrum and power of radiation; available from the manufacturer regarding the cubature of the room for which they are intended and the exposure time to achieve a certain germicidal efficiency; to meet the requirements of EU documents.

These conditions cannot be met when using germicidal lamps in households - they emit very high levels of UV radiation and the method of their application cannot be consulted on a case-by-case basis. Moreover, the lack of human senses for UV radiation (the human eye registers only visible radiation) can lead to an underestimation of the potential health risks associated with exposure to germicidal UV radiation.

The issues raised by the population, various countries and organizations regarding the possible health risks connected to the use of germicidal lamps for disinfection purposes have been addressed by the WHO, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the International Commission on Illumination (CIE) and The Global Lighting Association (17, 18, 19, 20). They presented opinions on the potential health risks in managing the COVID-19 incidence using germicidal lamps. Their opinions include the following restrictions on the use of germicidal lamps:

- They can be used to disinfect indoor air and surfaces, but should not be used to directly irradiate the skin and eyes for disinfection;
- Their use is associated with health risks, and therefore the use of sources, the way they are installed in premises should be controlled, consulted with a specialist, thus ensuring that to the occupants of the premises / public places do not reach levels of ultraviolet radiation above the exposure limit values which can be demonstrated by measurements;
- The use of germicidal lamps at home is not recommended due to possible health risks.

The results of our research on germicidal lamps available on the market in our country correspond to the main points in these opinions.

## КНИГОПИС / REFERENCES

- Nicholas G. Reed, The History of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection, Public Health Reports / January–February 2010 / Volume 125
- Downes A, Blunt TP. The influence of light upon the development of bacteria. Nature 1877;16:218.
- Gates FL. A study of the bactericidal action of ultra violet light: III. The absorption of ultra violet light by bacteria. J Gen Physiol 1930;14:31-42.
- David H. Sliney and Bruce E. Stuck, A Need to Revise Human Exposure Limits for Ultraviolet UV-C Radiation, Photochemistry and Photobiology, 2021, 97: 485–492, DOI: 10.1111/php.13402
- Illuminating Engineering Society of North America. Lighting handbook: reference & application. 8th ed. New York: IESNA; 1993.
- Rolf S. Bergman, Special Issue Invited Review - Germicidal UV Sources and Systems, Photochemistry and Photobiology, 2021, 97: 466–470, DOI: 10.1111/php.13387
- Директива 2014/35/ЕС от 26 февруари 2014 година за хармонизиране на законодателствата на държавите членки за предоставяне на пазара на електрически съоръжения, предназначени за използване в определени граници на напрежението  
  
Directive 2014/35 / EU of 26 February 2014 on the harmonization of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipment intended for use within certain voltage limits
- Директива 2014/30/ЕС от 26 февруари 2014 година за хармонизиране на законодателствата на държавите членки относно електромагнитната съвместимост (ОВ L 96, 29.3.2014 г., стр. 79–106  
  
Directive 2014/30 / EU of 26 February 2014 on the harmonization of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (OJ L 96, 29.3.2014, pp. 79-106
- Директива 2011/65/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 8 юни 2011 година относно ограничението за употребата на определени опасни вещества в електрическото и електронното оборудване  
  
Directive 2011/65 / EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment
- Наредба за съществените изисквания и оценяване на съответствието на електрически съоръжения, предназначени за използване в в определени граници на напрежението, приета с ПМС № 47/2016 г., ДВ. бр.23/2016 г., изм. ДВ. бр.32/2016 г.  
  
Ordinance on the essential requirements and conformity assessment of electrical equipment intended for use within certain voltage limits, adopted by the Council of Ministers № 47/2016, SG. issue 23/2016, amended DV. issue 32/2016
- ICNIRP Guidelines on Limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), Health Physics 87(2):171-186; 2004 г.
- Directive 2006/25/EC of the European Parliament and of the Council 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)
- Наредба № 5/11.06.2010 г. на МТСП и МЗ за минималните изисквания за осигуряване на здравето и безопасността на работещите при рискове, свързани с експозиция на изкуствени оптични лъчения, (ДВ, бр.49/2010 г.)  
  
Ordinance № 5 / 11.06.2010 of the MLSP and the Ministry of Health on the minimum requirements for ensuring the health and safety of workers at risks related to exposure to artificial optical radiation, (SG, issue 49/2010)
- ДС EN 62471:2008 Фотобиологична безопасност на лампи и системи от лампи.  
  
BDS EN 62471: 2008 Photobiological safety of lamps and lamp systems.
- БДС EN 14255-1:2005 Measurements and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation – Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace  
  
BDS EN 14255-1: 2005 Measurements and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation - Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace
- Препоръчително ръководство за добра практика при прилагане на Директива 2006/25/ЕО. (Изкуствени оптични лъчения). Европейска комисия. Генерална дирекция „Трудова заетост, социални въпроси и приобщаване“ отдел В.3, ISBN 978-92-79-19803-8 doi:10.2767/29825, Европейски съюз, 2011 г.  
  
Recommended guidance on good practice in the application of. Directive 2006/25 / EC. (Artificial optical radiation ). European Commission. Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion Unit B.3, ISBN 978-92-79-19803-8 doi: 10.2767 / 29825, European Union, 2011
- CIE Position Statement on Ultraviolet (UV) Radiation to Manage the Risk of COVID-19 Transmission, May 2020, <https://cie.co.at/files/CIE%20Position%20Statement%20-%20UV%20radiation%20%202020%2029.pdf>
- Position Statement on Germicidal UV-C Irradiation UV-C Safety Guidelines, Global Lighting Association, 2020

### Адрес за кореспонденция:

Доц. Михаела Иванова, дм  
Отдел „Физически фактори“  
Национален център по обществено здраве и анализи  
бул. „Акад. Иван Е. Гешов“ 15,  
1431 София, България  
Телефон: + 359 2 8056 220  
e-mail: m.ivanova@ncpha.government.bg;  
Mihaela\_1970@abv.bg

### Address for correspondence:

Assoc. Prof. Mihaela Ivanova, Ph.D.  
Physical Factors Department  
National Center for Public Health and Analysis  
Blvd. „Acad. Ivan E. Geshov“ 15,  
1431 Sofia, Bulgaria  
Phone: + 359 2 8056 220  
e-mail: m.ivanova@ncpha.government.bg ;  
Mihaela\_1970@abv.bg



# ПРОУЧВАНЕ НА СЛУЧАЙ НА ЕКСПОЗИЦИЯ НА НАСЕЛЕНИЕТО, ИЗЛОЖЕНО НА ШУМ И ВИБРАЦИИ ОТ РЕЛСОВ ТРАНСПОРТ

Петя Иванова, Михаела Иванова

Национален център по обществено здраве и анализи

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** През 2020 г. е приета Директива 2020/367/ЕС за изменение на приложение III към Директива 2002/49/ЕС по отношение на установяването на методи за оценка на вредното въздействие на шума върху околната среда. В документа, за целите на оценката на вредните въздействия, вследствие на експозицията на населението на наднормен шум, се вземат предвид следните вредни ефекти: исхемична болест на сърцето, силен дискомфорт, сериозни смущения на съня.

**Цел:** Проучване на експозицията на населението на шум и вибрации от нов релсов транспорт, при изграждането на който не са спазени съществуващите технически изисквания за отстояния на релсовия път от жилищните сгради.

**Материали и методи:** Направени са измервания на шума и вибрациите в апартаменти, разположени в сгради в близост до трасето на релсов транспорт. Измерванията на шума са извършени през трите часови зони на денонощието, съгласно изискванията на Наредба № 6/2006 г., съответно ден, вечер и нощ. Експозицията на шум е определена чрез изчисление, включващо еквивалентните нива на шум, продължителността на експозицията на разглеждания източник и фоновите нива на шум през време на тихия период, през който превозните средства не преминават. Оценката на вибрациите е извършена чрез измерване и изчисляване на средноквадратични стойности на ускорението в октавни честотни ленти, съгласно изискванията на Наредба № 9/2010 г.

**Резултати:** Резултатите от проучването показват, че нивата на шум в почти всички изследвани апартаменти не отговарят на граничните стойности на експозиция съгласно законодателството. Измерените стойности са над граничните стойности на експозиция за жилища за различните оценени часови зони на денонощието.

**Заключение:** Измерените високи нива на шум през деня водят до дискомфорт у обитателите, а през нощта пречат на пълноценния им сън. По отношение на вибрациите в изследваните жилища са установени високи стойности за някои от изследваните честотни ленти, което може да е предпоставка за дискомфорт и рискове за конструкцията на сградата.

**Ключови думи:** шум, показатели за шум в околната среда, вибрации, гранични стойности, железопътен транспорт

# CASE STUDY OF EXPOSURE OF THE GENERAL PUBLIC TO NOISE AND VIBRATION FROM RAILWAY TRANSPORT

Petya Ivanova, Mihaela Ivanova

National Centre of Public Health and Analyses

## ABSTRACT

**Introduction:** In 2020, Directive 2020/367/EU was adopted to amend the Annex III to Directive 2002/49/EU as regards the establishment of methods for assessing the harmful effects of noise on the environment. The document takes into account the following adverse effects: ischemic heart disease; high annoyance, high sleep disturbances.

**Aim:** Study of the population exposure to noise and vibration generated by new rail transport, during which construction the existing technical requirements for distances of the rail road from residential buildings have not been met.

**Material and methods:** The report presents results of noise and vibration measurements in apartments located in buildings adjacent to the railway. Noise measurements were performed during the three time zones of the day according to the requirements of Ordinance № 6/2006, respectively day, evening and night. Noise exposure was determined by calculation including the equivalent noise levels, the time duration of exposure to the considered source and the background noise levels during the quiet period, with the corresponding duration during which vehicles do not pass. The assessment of vibrations was made by measuring and calculating of the rms values of the acceleration in octave frequency bands, according to the requirements of Ordinance № 9/2010.

**Results:** The results of the study show that the noise levels in almost all surveyed apartments do not correspond to the exposure limit values according to the legislation. The measured values are above the exposure limit values for housing for different evaluated time zones of the day.

**Conclusion:** The measured high noise levels during the day lead to discomfort in the residents, and at night they interfere with their full sleep. With regard to the vibrations in the studied dwellings, excessive values have been established for some of the examined frequency bands, which may be a prerequisite for discomfort.

**Key words:** noise, environmental noise indicators, vibrations, limit values, rail transport



## ВЪВЕДЕНИЕ

Шумът е фактор, който съпътства човека през целия му живот. Служи му да се ориентира в околната среда и за осъществяване на комуникация. От друга страна, високите нива на шума могат да бъдат вредни, дори опасни за здравето на човека, но също така и ниски нива на шум могат да бъдат дразнещи и да създават дискомфорт. Много са източниците и факторите, които засягат шума, възприеман от хората. Счита се, че пътният трафик е основният източник на шумово замърсяване, като през следващото десетилетие се очаква нивата на шума да се увеличат както в градските, така и в селските райони, поради развитието на урбанизацията и повишената нужда от мобилност. Шумът от превозните средства отчасти зависи от средата, в която се изследва разпространението му, и по-специално качеството на пътната инфраструктура. При внасяне на нов източник за дадена среда се изисква интегриран подход при изследване на излъчвания шум.

Шумът от трафика вреди на здравето по много начини. Продължителният стрес, свързан с шума, може да изчерпи човешките физически резерви, да наруши регулаторния капацитет на функциите на органите и по този начин да ограничи тяхната ефективност (1).

Оценката на шума в урбанизираната среда се извършва съгласно изискванията на *Директива 2002/49/ЕО* на Европейския парламент и на Съвета „*Относно оценката и управлението на шума в околната среда*“ (2).

През 2020 г. е приета *Директива (ЕС) 2020/367* във връзка с установяването на методи за оценка на вредните въздействия на шума в околната среда, към *Директива 2002/49/ЕО*, „*Относно оценката и управлението на шума в околната среда*“ (3).

За целите на оценката се вземат предвид следните вредни въздействия на шума: исхемична болест на сърцето (IHD), съответстваща на кодове от BA40 до BA6Z по МКБ-11 на СЗО, силен дискомфорт (HA), сериозни смущения на съня (HSD). Възприетите в директивата методи са общи за всички страни членки и ще дадат възможност за оценяване на вредните ефекти от шума за територията на целия Европейски съюз, както и изчисляването на загубите от заболявания, дължащи се на шума, изразени чрез показател DALYs (загубени години здравословен живот) (4).

Вибрациите в урбанизираните територии също са фактор, който може да предизвика дискомфорт, а при високи нива може да са причина и за материални разрушения, които да създават допълнителни рискове за здравето.

В европейското законодателство не съществува нормативен документ, регламентиращ наличието на подобен фактор в населените места, тъй като се счита, че не би следвало да има източник, който да ги създава.

## ЦЕЛ

Проучване на експозицията на населението на шум и вибрации от нов релсов транспорт, при изграждането на който не са спазени съществуващите технически изисквания за отстояния на релсовия път от жилищните сгради.

## INTRODUCTION

Noise is a factor that accompanies us throughout life. It serves us to orient ourselves in the environment and to communicate. On the other hand, high noise levels can be harmful, even dangerous to human health, but also low noise levels can be annoying and uncomfortable. There are many sources and factors that affect noise perceived by people. It is considered that road traffic is the main source of noise pollution, and noise levels are expected to increase in both urban and rural areas over the next decade due to the development of urbanization and the increased need for mobility. Vehicle noise depends in part on the environment in which its distribution is studied, and in particular the quality of road infrastructure. When introducing a new source for a given environment, an integrated approach to the study of emitted/radiated noise is required.

Traffic noise harms health in numerous ways. Protracted noise-related stress can exhaust human physical reserves, disrupt the regulatory capacity of organ functions and hence limit their effectiveness (1).

The noise assessment in urban environments is carried out in accordance with *Directive 2002/49/EC* of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of environmental noise (2).

In 2020, *Directive 2020/367/EC* (3) was adopted establishing assessment methods for harmful effects of environmental noise. This document is amendment to the *Directive 2002/49/EC*.

For the purposes of the assessment, the following adverse effects of noise shall be taken into account: ischaemic heart disease (IHD) corresponding to codes BA40 to BA6Z of the international classification ICD-11 established by the World Health Organisation; high annoyance (HA) and high sleep disturbance (HSD). The assessment methods adopted in the Directive are common for all Member States and will make it possible to estimate the burden of disease due to environmental noise in the disability-adjusted life-years (DALYs) (4).

Vibration in urban areas is also a factor that can cause discomfort, and at high levels can cause material damage that creates additional health risks.

There is no regulation in European legislation regarding the presence of such a factor in settlements, as it is considered that there should be no source to provoke them.

## AIM

Study of the population exposure to noise and vibration generated by new rail transport, during which construction the existing technical requirements for distances of the rail road from residential buildings have not been met.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е направено във връзка с многобройни жалби от граждани, свързани със силен дискомфорт и смущения на съня, причинени от шум от нов релсов транспорт.

Проучването обхваща измервания на шум и вибрации в 17 апартамента, които се намират в сгради в непосредствена близост до трасето на релсов транспорт (1.5 m).

Част от апартаментите са с пряка видимост към релсовия път, а има и такива, които са с изглед към вътрешен двор. Апартаментите са разположени на различни етажи в жилищните сгради.

За сравнение е направена оценка на експозицията на шум и вибрации и в сграда, разположена на по-голямо разстояние от релсовия път – на 3.00 m. Последните са разглеждани като „контроли“.

### Шум

Изследването е проведено при нормални експлоатационни условия на източника на шум, в реален работен режим и при наличие на улично движение (преминаващи автомобили, тролей и хора).

Измерванията са проведени в различни часове на денонощието, в периода от 6.00 h до 21.00 h, за да се обхванат всички значими шумови събития от въздействието на източниците чрез съответните показатели за шум.

Оценката на експозицията на шум в жилищата е извършена на базата на измервания на еквивалентното ниво на шума в dB(A), направени многократно в една точка, в стая от жилището, при затворени прозорци на помещението. Оценяваните помещения са обитаеми и обзаведени.

Измерванията са направени през трите часови периода на денонощието при спазване на изискванията на Наредба № 6/2006 г. на МЗ и МОСВ (5).

Периодите ден, вечер и нощ са с времетраене съответно:

- ден - 12 часа - от 7 до 19 ч.;
- вечер - 4 часа – от 19 до 23 ч.;
- нощ - 8 часа – от 23 до 7 ч.

При измерванията, в съответствие с изискванията на БДС 15471 (6), е определено максималното еквивалентно ниво на проникващия шум, излъчвано от изследвания източник  $L_{Amax}$  по време на възникването и действието му, и нивото на фоновия шум при отсъствие на шум от източника. За изчисляване на дългосрочните еквивалентни осреднени показатели  $L_{ден}$ ,  $L_{вечер}$ ,  $L_{нощ}$  е използван метод съгласно БДС ISO 1996-1:2016 (7).

Изчислителната процедура е в следната последователност:

- Изчисляване еквивалентното ниво на излъчвания променлив прекъснат шум от източника  $Leq$ , в което се включват всички измерени стойности в точката на въздействие.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in connection with numerous complaints from citizens related to severe discomfort and sleep disturbances caused by noise, generated by the introduction of a new source.

It covers measurements of noise and vibrations in 17 apartments, which are located in buildings near the track of rail transport (1.5 m).

Some of the apartments have direct visibility to the railway, and there are some that overlook the courtyard. The apartments are located on different floors in residential buildings.

For comparison, an assessment of the exposure to noise and vibration was made in a building located at a greater distance from the railway - 3.00 m as well. These apartments are considered as “controls”.

### Noise

The survey was performed under normal operating conditions of the noise source, in real operating regime and in the presence of additional background noise generated by traffic (passing cars, trolleys and people).

The measurements were carried out at different times of the day, in the period from 6.00 am to 9.00 pm, in order to cover all significant noise events from the impact of the sources by corresponding noise indicators.

The assessment of the noise exposure in the dwellings is performed on the basis of measurements of the equivalent noise level in dB(A), repeatedly at one point, in a living room, with closed windows of the room. The assessed premises are habitable and furnished.

The measurements are made during the three hour periods of the day in compliance with the requirements of Ordinance № 6/2006 on environmental noise indicators... (5)

The periods day, evening and night are defined as follows:

- day - 12 hours - from 7 a.m to 7 p.m;
- evening - 4 hours - from 7 p.m. to 11 p.m;
- night - 8 hours - from 11 p.m to 7 a.m.

The measurements in accordance to the requirements of BNS 15471 (6) serve for determination of the maximum equivalent level of penetrating noise emitted by the studied source  $L_{Amax}$  during its occurrence and operation, and the level of background noise in the absence of noise from the source. A method according to BNS ISO 1996-1: 2016 is used to calculate the long-term equivalent averages  $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$ . (7).

The calculation procedure is in the following sequence:

- Calculation of the equivalent level of the emitted variable interrupted noise from the source  $Leq$ , which includes all measured values at the point of interest.

- Определяне на експозицията на шум, на която са изложени живеещите в изследваните жилища, която е определяща за показателите за дискомфорт. Експозицията на шум се изчислява на базата на еквивалентните нива на шум от източника, времето на въздействие на източника и нивата на шум през тихия период, през който отсъства източника, със съответната продължителност.
- При изчисленията се използва следната формула:

$$L_{eq,T} = 10 \lg \frac{\sum_i^N \Delta T_i 10^{0,1 L_{eq,i}}}{\sum_i \Delta T_i} \text{ dB},$$

където  $L_{eq,T}$  се определя за ден, за вечер и за нощ.

- При изчисляването на показателите за дискомфорт ( $L_{ден}$ ,  $L_{вечер}$ ,  $L_{нощ}$ ) са отчетени и спецификата на съответния период – ден, вечер, нощ. Като за вечер и нощ са прибавени съответните корекции (Характерни корекции на нивото, в зависимост от категорията на звуковия източник и времето от денонощието, БДС ISO 1996-1:2016 (7)).

За измерване на нивата на шума е използвана апаратура - Шумомер тип 2238 „MEDIATOR“ с кондензаторен микрофон тип 4188.

## Vibrations

Оценката на вибрациите е извършена на базата на измервания на виброускорението в  $m/s^2$ , по три взаимноперпендикулярни оси: вертикална - Z и хоризонтални – X и Y, на пода на помещенията, като при преминаване на едно транспортно средство по релсовия път е отчитана по една стойност от терцоктавната лента за всяка изследвана честота.

Оценката за съответствие на вибрациите е направена от измерените и изчислени средноквадратични стойности на виброускорението в октавни честотни ленти със средногеометрични честоти 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Hz. Получените стойности са съпоставени с максимално допустимите за вибрации, посочени в Наредба № 9/2010 г. (8).

Максимално допустимата стойност на вибрациите се определя по следната формула:

$$V_{доп} = K1 \cdot K2 \cdot V,$$

където:

$V_{доп}$  е максимално допустимата стойност на вибрациите, съгласно следните норми:

V - максимално допустимата стойност на вибрациите през нощта (от 23,00 до 7,00 ч.) съгласно таблица № 1 от Наредба № 9/2010 г. (8);

K1 - корекционният коефициент за времето от денонощието;

K2 - корекционният коефициент за продължителността на въздействие на вибрациите през деня.

- Determination of the noise exposure to the occupants of the surveyed dwellings which is decisive for the indicators of discomfort. Noise exposure is calculated on the basis of equivalent noise levels from the source, the time of exposure to the source and the noise levels during the quiet period during which the source is absent, with the corresponding time.

- Calculations are carried out using the following equation:

$$L_{eq,T} = 10 \lg \frac{\sum_i^N \Delta T_i 10^{0,1 L_{eq,i}}}{\sum_i \Delta T_i} \text{ dB},$$

where  $L_{eq,T}$  is determined for day, evening and night.

- When calculating the indicators of discomfort ( $L_{day}$ ,  $L_{evening}$ ,  $L_{night}$ ) the specifics of the respective period are taken into account - day, evening, night. Appropriate corrections are applied for evening and night (Table A.1 — Typical level adjustments based on sound source category and time of day BNS ISO 1996-1: 2016 (7)).

Equipment used to measure the noise levels is Integrating Sound Level Meter 2238 „MEDIATOR“ with condenser microphone type 4188.

## Vibrations

The assessment of vibrations is performed on the basis of vibration acceleration measurements in  $m/s^2$ , on three mutually perpendicular axis: vertical - Z and horizontal - X and Y, on the floor of the premises, and one value of the third octave band for each frequency tested is reported on passing a vehicle on the track.

The vibration assessment is made by the measured and calculated rms values of the vibration acceleration in octave frequency bands with geometric mean frequencies 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Hz. The obtained levels are compared with the vibrations limit values - specified in the Ordinance № 9/2010 for the maximum permissible vibration values in residential premises (8).

The maximum value of vibrations is determined by the following equation:

$$V_{lim} = K1 \cdot K2 \cdot V,$$

where:

$V_{lim}$  is the vibrations limit values according to the following:

V - Vibrations limit values at night (from 23.00 to 7.00) according to Table No 1 of Ordinance № 9/2010 (8);

K1 - the correction factor for the time of day;

K2 - the correction factor for the duration of vibration exposure during the day.

Формулата е взета под внимание, като за нощ нормите са приети директно от таблицата за виброускорение, тъй като стойността на корекционния коефициент K1, в зависимост от времето на денонощието, е  $K1 = 1$ . Корекционният коефициент K2 за продължителността на въздействие на вибрациите през деня няма отношение.

При определяне на нормите за ден са приети следните стойности за съответните коефициенти:  
 $K1 = 1.78$  и  $K2 = 1$ .

За измерване на вибрациите е използвана следната апаратура - комплект виброизмервателна апаратура 3513 с блокове 2511 и 1621, пиезоелектричен датчик, тип 4370 - „Brüel & Kjær“, Дания.

## РЕЗУЛТАТИ

### Резултати от измерванията на шума

Резултатите от направените измервания и изчисления на нивата на шума са представени в таблица 1 и на фигура 1. Данните са систематизирани по етажи, периоди от денонощието, съответно ден, вечер и нощ. Разделени са условно за двете разстояния от източника до сградите. Резултатите са представени като интервали от минималната и максималната изчислена стойности на еквивалентното ниво на шума.

Таблица 1. Измервания и изчисления на нивата на шума

| №   | Място на измерване<br>Place of measurement                                                                        | ИЗМЕРЕНИ/ИЗЧИСЛЕНИ НИВА НА ШУМА<br>MEASURED/CALCULATED NOISE VALUES |                 |             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|
|     |                                                                                                                   | $L_{eq}$ , dB (A)                                                   |                 |             |
|     |                                                                                                                   | Ден / Day                                                           | Вечер / Evening | Нощ / Night |
| I   | Измерване в сгради на 1.50 m от релсов път / Measurements in buildings at a distance of 1.5 m from the railway    |                                                                     |                 |             |
|     | Етаж 1/ Floor 1                                                                                                   | 40.5                                                                | 38.9            | 37.2        |
|     | Етаж 2/ Floor 2                                                                                                   | 41.2÷45.4                                                           | 39.2÷44.1       | 38.1÷41.2   |
|     | Етаж 3/ Floor 3                                                                                                   | 34.5* ÷ 44.6                                                        | 35.4÷43.7       | 37.0÷41.4   |
|     | Етаж 4/ Floor 4                                                                                                   | 41.5                                                                | 40.5            | 37.8        |
|     | Етаж 5/ Floor 4                                                                                                   | 36.4÷49.1                                                           | 37.4÷47.8       | 32.9÷42.2   |
| II  | Измерване в апартаменти с изглед към вътрешен двор / Measurements in buildings that overlook the courtyard        |                                                                     |                 |             |
|     | Етаж 1/ Floor 1                                                                                                   | 36.3                                                                | 38.2            | 32.1        |
|     | Етаж 3/ Floor 3                                                                                                   | 29.9*                                                               | 28.0*           | 29.7*       |
| III | Измерване в сгради на 3.0 m от релсов път / Measurements in buildings at a distance of 3 m from the railway       |                                                                     |                 |             |
|     | Етаж 1/ Floor 1                                                                                                   | 40.3                                                                | 40.6            | -           |
|     | Етаж 4/ Floor 4                                                                                                   | 34.3                                                                | 33.1*           | 32.1        |
|     | Гранична стойност, dB (A) Наредба № 6, ДВ, бр. 58/2006 г./<br>Limit value, dB (A) Ordinance No.6, SG, Vol.58/2006 | 35                                                                  | 35              | 30          |

\* Отбелязаните изчислени стойности на еквивалентното ниво на шума съответстват на граничните, съгласно Наредба №6/2006 г. (5)

The formula is taken into account, as for the night the limit values are accepted directly from the table for vibration acceleration, as the value of the correction factor K1 depending on the time of day is  $K1 = 1$ . The correction factor K2 for the duration of vibration during the day does not matter.

When determining the norms for a day, the following values are accepted for the respective correction factors:  $K1 = 1.78$  and  $K2 = 1$ .

The following equipment is used for vibration measurement - Vibration measuring set 3513 with equipment units 2511 and 1621, piezoelectric sensor, type 4370 - „Brüel & Kjær“, Denmark.

## RESULTS

### Noise measurement results

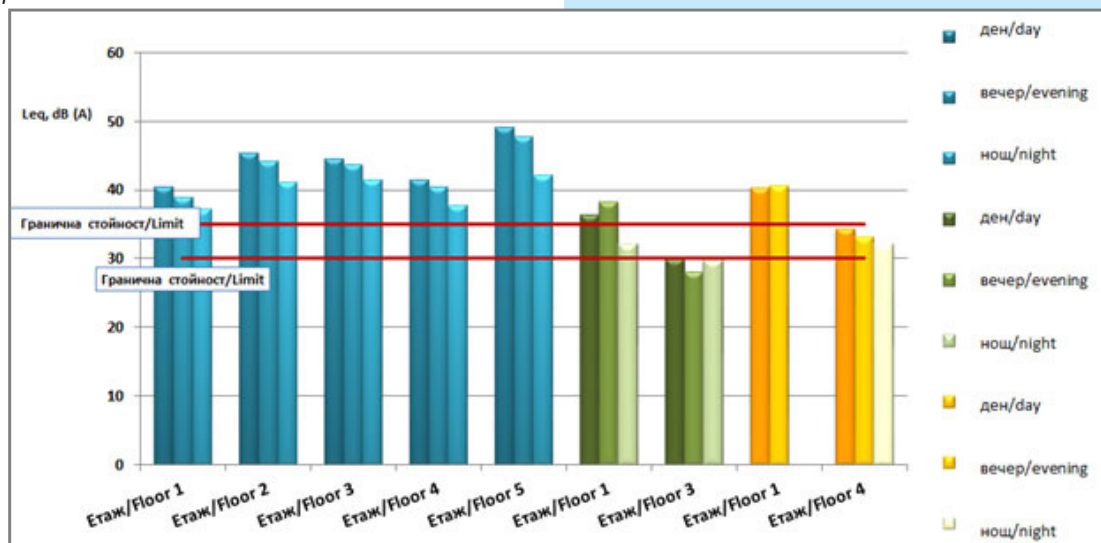
The results of the measurements and calculations of noise levels are presented on Table 1 and Figure 1. The data are systematized by floor, period of the day, respectively day, evening and night. They are conditionally divided for the two distances from the source to the buildings. The results are presented as intervals of the minimum and maximum calculated values of the equivalent noise level.

Table 1. Measured/calculated noise values

\* The marked values of the equivalent noise level correspond to the limits according to Ordinance No 6 / 2006 (5)

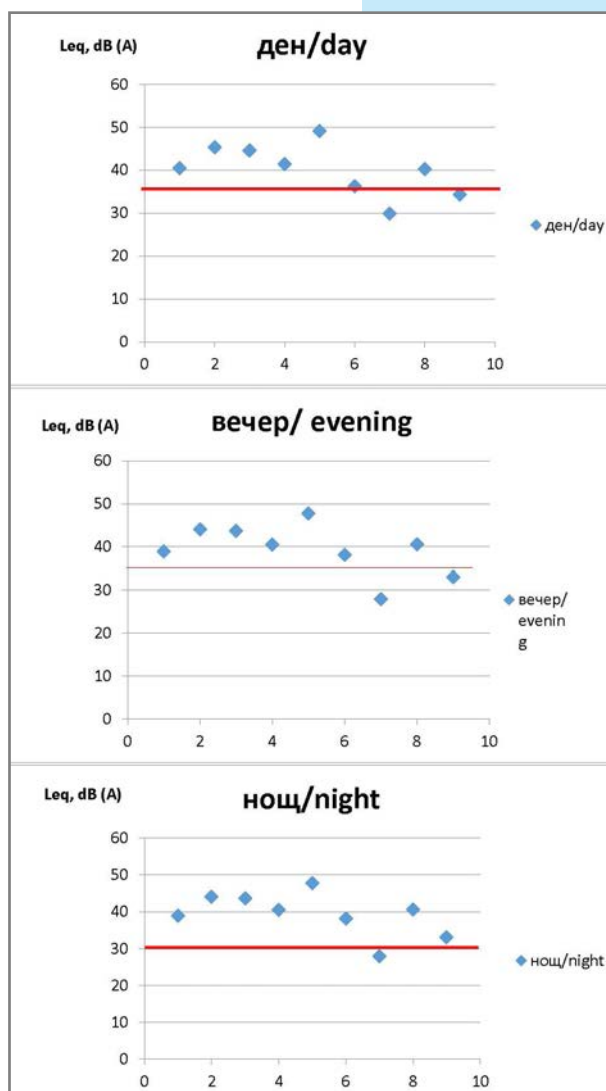


**Фигура 1.** Резултати от измерванията на шума в графичен вид



**Figure 1.** Graphical presentation of the noise measurements results

**Фигура 2.** Разпределение на максималните изчислени стойности на показателите за дискомфорт за отделните изследвани точки, представени в таблица 1, спрямо граничната стойност за съответния период от денонощието



**Figure 2.** Distribution of the calculated values of discomfort indicators for the individual measurement points, presented on Table No. 1, in relation to the limit value for the respective period of the day.

## РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗМЕРВАНЕ НА ВИБРАЦИИ

Изчислените средноквадратични стойности на виброускорението в октавни честотни ленти са представени на таблица 2. Представени са данни само за оста z, по която са установени най-високи стойности на виброускорение-то.

Таблица 2.

| Място на измерване<br>Place of measurement | Средноквадратични стойности на вибрациите, в октавни честотни ленти със средногеометрични честоти, в Hz, Виброускорение, $\times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ по ос Z/ RMS<br>Values of the vibration acceleration in octave frequency bands with geometric mean frequencies, Hz, vibration acceleration $\times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ axis Z |              |             |             |              |              |              |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                                            | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2            | 4           | 8           | 16           | 31.5         | 63           |
| Ап. 1, Етаж 1*** / Ap. 1, Floor 1***       | 1.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 6.07         | 4.69        | 8.28*       | 12.08*       | 31.56*       | 131.91*      |
| Ап. 2, Етаж 1 / Ap. 2, Floor 1             | 3.20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 15.78*       | 44.65*      | 37.90*      | 61.85*       | 138.29       | 173.21*      |
| Ап. 3, Етаж 1** / Ap. 3, Floor 1**         | 5.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.39         | 6.84*       | 10.63*      | 22.54*       | 56.96*       | 126.59*      |
| Ап. 4, Етаж 2 / Ap. 4, Floor 2             | 40.25*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12.42*       | 12.41*      | 21.47*      | 50.00*       | 135.74*      | 173.21*      |
| Ап. 5, Етаж 2 / Ap. 5, Floor 2             | 1.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7.11         | 11.92*      | 25.18*      | 37.75*       | 98.49*       | 173.21*      |
| Ап. 6, Етаж 2 / Ap. 6, Floor 2             | 4.79                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3.76         | 6.10*       | 18.55*      | 41.21*       | 141.42*      | 173.21*      |
| Ап. 7, Етаж 2 / Ap. 7, Floor 2             | 5.94                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 7.07         | 14.07*      | 26.57*      | 39.46*       | 114.65*      | 150.00*      |
| Ап. 8, Етаж 3 / Ap. 8, Floor 3             | 3.07                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5.74         | 8.94*       | 16.44*      | 34.93*       | 22.38*       | 101.83*      |
| Ап. 9, Етаж 3 *** / Ap. 9, Floor 3***      | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2.78         | 9.11*       | 14.58*      | 23.45*       | 62.05*       | 160.08*      |
| Ап. 10, Етаж 3 / Ap. 10, Floor 3           | 0.40                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9.43*        | 11.05*      | 16.25*      | 45.22*       | 111.84*      | 162.48*      |
| Ап.11, Етаж 3 / Ap. 11, Floor 3            | 1.50                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5.31         | 9.64*       | 19.05*      | 56.65*       | 105.95*      | 144.57*      |
| Ап. 12, Етаж 4 ** / Ap. 12, Floor 4 **     | 0.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.39         | 8.19*       | 21.75*      | 43.59*       | 41.09*       | 71.24*       |
| Ап. 13, Етаж 4 / Ap. 13, Floor 4           | 9.11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 9.11*        | 18.03*      | 23.09*      | 70.89*       | 162.48*      | 150.00*      |
| Ап. 14, Етаж 5 / Ap. 14, Floor 5           | 2.17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2.66         | 7.61*       | 9.43*       | 32.79*       | 100.50*      | 143.53*      |
| Ап. 15, Етаж 5 / Ap. 15, Floor 5           | 4.47                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3.46         | 3.85        | 31.06*      | 15.68*       | 60.70*       | 18.56        |
| Ап. 16, Етаж 5 / Ap. 16, Floor 5           | 1.84                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3.97         | 7.35*       | 25.83*      | 34.66*       | 80.62*       | 121.47*      |
| Ап. 17, Етаж 5 / Ap. 17, Floor 5           | 5.00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8.02*        | 12.45*      | 17.15*      | 20.62*       | 48.05*       | 115.76*      |
| Норма ден / limit values day               | <b>19.58</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>13.88</b> | <b>9.79</b> | <b>9.79</b> | <b>19.58</b> | <b>39.16</b> | <b>78.32</b> |
| Норма нощ / limit values night             | <b>11</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>7.8</b>   | <b>5.5</b>  | <b>5.5</b>  | <b>11</b>    | <b>22</b>    | <b>44</b>    |

\* стойностите са над максимално допустимите;

\*\* апартаментите се намират в сградата на разстояние 3 m от релсовия път;

\*\*\* апартаменти с изглед към вътрешен двор.

## ДИСКУСИЯ

При измерванията в района е установено, че в много от случаите фоновият шум надвишава допустимите стойности, определени в Наредба № 6/2006 г. (5). Това води и до по-висока експозиция на шум на населението в района. Измерените стойности на фоновият шум са в диапазона от 26 до 41 dB(A). При извършване на оценката на шума, излъчен от даден източник, е достатъчно да се открива разлика между нивата на фоновия шум и този от източника от 6 до 10 dB, за да се твърди, че източникът се чува и доминира над останалите звуци. В случая установената разликата е в диапазона от 7 до 13 dB(A).

Установените еквивалентни нива на шума при измерване в жилищните помещения надвишават определените гра-

## VIBRATION MEASUREMENT RESULTS

The results of the calculations of rms values of the vibrations in octave frequency bands are presented on Table No 2. Data are presented only for the z axis, on which the highest values of the vibration acceleration are established.

Table 2.

\* values are above the limits;

\*\* the apartments are located in the building at a distance of 3 m from the railway.

\*\*\* apartments overlooking the courtyard

## DISCUSSION

The performed measurements in the surveyed zone have shown that in many cases the background noise exceeds the permissible values specified in Ordinance № 6/2006. (5) This also leads to higher exposure to noise of the population in the area. The measured values of background noise are in the range from 26 to 41 dB (A). When assessing the noise from a source, it is sufficient to detect a difference between the background and source levels of 6 to 10 dB to claim that the source is heard and dominates over other sounds. In this case, the found difference is in the range of 7 to 13 dB (A).

The established equivalent levels of noise measured in residential premises exceed the limit values for the

нични стойности за показателите  $L_{\text{ден}}$ ,  $L_{\text{вечер}}$  и  $L_{\text{нощ}}$  (Наредба № 6/2006 г.) за трите периода на денонощието, за 11 от изследваните апартаменти.

В четири от изследваните апартаменти са надвишени само граничните стойности за показателите  $L_{\text{ден}}$ ,  $L_{\text{вечер}}$ , в това число е и един от „контролните“ апартаменти, на разстояние 3 m от релсовия път.

Само в два от изследваните апартаменти е надвишена единствено граничната стойност за показателя  $L_{\text{нощ}}$ , като един от тях е ориентиран към вътрешния двор, а другия е в „контролен“ апартамент, със специална шумоизолация.

Измереното максималното ниво  $L_{\text{Amax}}$  на шума, което се достига за кратък период от време, през нощните часове може да предизвика внезапни събуждания, сепване или стряскане, тъй като при повечето измервания надвишава 45 dB(A). Установени са единични шумови нива до 50 dB(A).

Не е установена зависимост на измерените стойности от етажа на сградата, на който са извършени измерванията, но по-високите стойности са регистрирани на по-високите етажи и на местата, където има завой или разклонение на линията.

Направените сравнения на стойностите на еквивалентното ниво на шума, измерени в изследваните и „контролните“ апартаменти, показват значително по-високи стойности в изследваните апартаменти.

Във всички изследвани помещения се откриват стойности на виброускорението, надвишаващи максимално допустимите стойности за вибрации за нощ и/или за ден, съгласно Наредба № 9/2010 г. за максимално допустимите стойности на вибрациите. (8)

Максималните стойности са установени по оста Z, като стойности над граничните са установени и по трите оси - X, Y, Z. Прави впечатление, че на по-високите етажи се установяват стойности над граничните в октавните честотни ленти със средни геометрични честоти над 4 Hz.

По време на измерванията беше потвърдено, че вибрациите се разпространяват и към жилищата, които не са с видимост към релсовото трасе.

При контролните жилища също са измерени наднормени вибрации, но главно по оста Z, а за осите X,Y - за по-високите честоти (октавни честотни ленти със средно геометрична честота 31,5 и 63 Hz).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, резултатите от направеното проучване показват, че независимо от разположението на жилищата в зависимост от етажа, нивата на шум в почти всички изследвани жилища не отговарят на установените норми, като измерените стойности са над граничните нива за жилищни помещения за различните оценявани периоди на денонощието. Измерените високи нива на шума през деня водят до дискомфорт и раздразнение у живеещите, а през нощта са причина за нарушения на съня, сепвания, събуждания и движения на тялото. Съгласно Ръководствата за нощния шум за Европа (9), най-уязвимите груп

indicators  $L_{\text{day}}$ ,  $L_{\text{evening}}$ ,  $L_{\text{night}}$  (Ordinance № 6/2006(5)) for the three periods of the day for eleven of the surveyed apartments.

In four of the surveyed apartments only the limit values for the indicators  $L_{\text{day}}$ ,  $L_{\text{evening}}$  are exceeded, including one of the “control” apartments, at a distance of 3 m from the railway.

Only in two of the surveyed apartments, only the limit value for the indicator  $L_{\text{night}}$  is exceeded, as one of them is oriented to the courtyard, and the other is in the „Control“ apartment, with special sound insulation.

The measured maximum noise levels  $L_{\text{Amax}}$ , which are reached in the studied apartments in short periods of time, can cause sudden awakenings, startling or arousals at night, as in most measurements they exceed 45 dB(A). Single noise levels reaching up to 50 dB (A) are established.

The dependence of the measured values on the floor of the building on which the measurements were performed has not been established, but the higher values have been registered on the higher floors and on the places close to a bend or branch of the line.

Comparisons of the values of the equivalent noise level, measured in the surveyed and „control“ apartments, show significantly higher values in the surveyed apartments.

Calculated vibration acceleration values in octave frequency bands with geometric mean frequencies 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Hz, exceeding the maximum permissible values for night and/or day, according to Ordinance № 9/2010 (8), are detected in all studied premises.

The maximum values are established on the Z axis, as values above the limit are established on all three axis - X, Y, Z. It is noteworthy that on the higher floors values above the limit in octave frequency bands with geometric mean frequencies above 4 Hz are established.

During the measurements, it was confirmed that the vibrations propagate to the dwellings that are not visible to the track as well.

In the control dwellings, excessive vibrations were also measured, but mainly on the Z axis, and for the X, Y axis for the high frequencies (octave frequency bands with geometric mean frequency 31.5 and 63 Hz).

## CONCLUSION

In conclusion, the results of the study show that regardless of the location of studied apartments depending on the floor, established noise levels in almost all surveyed premises exceed the limit values for the noise indicators for dwellings - day, evening and night. The measured high noise levels during the day lead to discomfort and annoyance in the residents, and at night they are reason for sleep disturbances, arousals, awakenings, body movements. According to Night Noise Guidelines for Europe (9) vulnerable groups such as children, the chronically ill and the elderly are more severely affected.

пи от въздействието на шума са следните: деца – те имат по-висок праг на събуждане от възрастните, по-малко чувствителни са към нощния шум, но прекарват повече време в леглото и са изложени по-дълго време на нощните нива на шума по време на сън. За другите ефекти, обаче, децата могат да бъдат по-реактивни от възрастните. Възрастни хора – те са по-податливи към смущения на съня, тъй като при тях с възрастта структурата на съня става по-фрагментирана. Това се отнася също и за бременните и хронично болните. Друга рискова група са работещите на смени, тъй като структурата на съня им е под стрес поради адаптациите на циркадните им ритми.

По отношение на вибрациите в изследваните жилища са установени наднормени стойности за част от изследваните честотни ленти, които могат да бъдат предпоставка за дискомфорт и рискове за конструкцията на сградата. В тази връзка са необходими бъдещи изследвания, свързани със здравината на сградните конструкции.

## КНИГОПИС / REFERENCES

1. Регламент (ЕС) № 540/2014 на Европейския парламент и на Съвета от 16 април 2014 година относно нивото на шума от моторни превозни средства и заменяемите шумозаглушителни уредби, за изменение на Директива 2007/46/ЕО и за отмяна на Директива 70/157/ЕИО, ОJ L 158, 27.5.2014. Regulation (EU) No 540/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on the sound level of motor vehicles and of replacement silencing systems, and amending Directive 2007/46/EC and repealing Directive 70/157/EEC Text with EEA relevance OJ L 158, 27.5.2014.
2. Директива 2002/49/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 25 юни 2002 година относно оценката и управлението на шума в околната среда OJ L 189, 18.7.2002. Directive 2002/49 / EC of the European Parliament and of the Council to the assessment and management of environmental noise OJ L 189, 18.7.2002.
3. Директива (ЕС) 2020/367 на Комисията от 4 март 2020 година за изменение на приложение III към Директива 2002/49/ЕО на Европейския парламент и на Съвета във връзка с установяването на методи за оценка на вредните въздействия на шума в околната среда (текст от значение за ЕИП) Directive (EC) 2020/367 amending Annex III to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of assessment methods for harmful effects of environmental noise
4. ENVIRONMENTAL NOISE IN EUROPE - 2020, <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
5. Наредба № 6 (обн. ДВ. бр. 58 от 18 юли 2006 г., зм. и доп. ДВ. бр.100 от 30 Ноември 2021 г.), за показателите за шум в околната среда, отчитащи степента на дискомфорт през различните части на денонощието, граничните стойности на показателите за шум в околната среда, в помещенията на жилищни и обществени сгради, в зони и територии, предназначени за жилищно строителство, рекреационни зони и територии и зони със смесено предназначение, методите за оценка на стойностите на показателите за шум и на вредните ефекти от шума върху здравето на населението.
6. БДС 15471 „Шум. Методи за измерване и оценка в помещенията на жилищни, обществени сгради и населени места“. BNS 15471 "Noise. Methods for measurement and evaluation in the premises of residential, public buildings and settlements".
7. БДС ISO 1996-1:2016 „Акустика. Описание и измерване на шума в околната среда“ Част 1: Основни величини и процедури за оценяване. BNS ISO 1996-1:2016 Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
8. Наредба № 9 от 12 февруари 2010 г. за максимално допустимите стойности на вибрациите в жилищни помещения (Обн. ДВ. бр.17 от 2 Март 2010 г). Ordinance № 9/2010 on the maximum permissible values of vibrations in residential premises (SG No. 17/2010).
9. WHO. Night Noise Guidelines for Europe, ISBN 978 92 890 4173 7, 2009.

### Адрес за кореспонденция:

Гл. експ. инж. Петя Иванова  
Национален център по общественото здраве и анализи  
Бул. Акад. Иван Гешов №15, София 1431  
e-mail: p.ivanova@ncpha.government.bg

The vulnerable groups/groups at risk considerations are as follows: Children - have a higher awakening threshold than adults and are less sensitive to night noise, but it should be taken into account that they are more exposed to night noise levels due to more time spent in bed. However for other effects, children could be more reactive than adults. Elderly people are more vulnerable to disturbance because of the more fragmented sleep structure with age. This also true for pregnant women and people with ill health. Other group at risk is shift workers because their sleep structure is under stress due to the adaptations of their circadian rhythm.

With regard to the vibrations in the studied dwellings, excessive values have been established for some of the studied frequency bands, which may be a prerequisite for discomfort and risk for safety of building structures. Future research related to the strength of building structures is needed as well.

### Address for correspondence:

Chief Expert Eng. Petya Ivanova  
National Center of Public Health and Analyses  
Bul. Acad. Ivan Geshov №15, Sofia 1431  
e-mail: p.ivanova@ncpha.government.bg



# УПРАВЛЕНИЕ НА ЗНАНИЯТА И „ИНТЕРНЕТ НА НЕЩАТА“ В ПРЕХОДА КЪМ ОБЩЕСТВО 5.0 В ОБЛАСТТА НА ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО

Теодора Бакърджиева<sup>1</sup>, Антония Димова<sup>2</sup>,  
Кристина Близнакова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Варненски свободен университет, България

<sup>2</sup>Медицински университет-Варна, България

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Управлението на знанието (УЗ) в здравеопазването е от нарастващо значение както за учените, така и за практиците в тази област. Системите за УЗ ще трябва да бъдат насочени все повече към актуализиране на знанията в реално време. Необходимостта от иновативно управление на знанията в областта на здравеопазването нараства бързо и предимствата на „Интернет на нещата“ (IoT) могат да се използват за усъвършенстване на системите за УЗ. Целта е системите за управление на знанията да анализират огромно количество данни, да оптимизират процесите и да организират ресурсите по-ефективно и по този начин да подобрят приходите на здравните организации. IoT се разглежда като следващият важен фактор, който би повлиял на потока от знания и би променил начина, по който функционират здравните мрежи и организации.

**Цел:** Целта на този доклад е да представи потенциала на IoT в контекста на подобряване на процесите на знания и възможните положителни ефекти от прилагането на IoT в сектора на здравеопазването.

**Резултати:** Разработен е концептуален модел, който интегрира процесите за УЗ и системите за УЗ с предимствата на IoT, които могат да бъдат ефективно прилагани в здравеопазването – сигурна предпоставка за навлизане в Общество 5.0.

**Заключение:** Значението на УЗ нараства в общество, което поставя хората в центъра и набляга на иновациите при решаването на социалните проблеми в следващия етап на развитие на обществото - Общество 5.0, насочено към високо качество на живот, постижимо чрез напреднали системи за здравни грижи. Общество 5.0 е общество, фокусирано върху човека, а здравеопазването е домейнът, който приоритетно трябва да се възползва от авангардните технологии.

**Ключови думи:** управление на знанието, „Интернет на нещата“ (IoT), здравеопазване, индустрия 4.0, общество 5.0, технологии

# KNOWLEDGE MANAGEMENT AND INTERNET OF THINGS TOWARDS SOCIETY 5.0 IN HEALTHCARE DOMAIN

Teodora Bakardjieva<sup>1</sup>, Antoniya Dimova<sup>2</sup>, Kristina Bliznakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Varna Free University, Varna, Bulgaria

<sup>2</sup>Medical University-Varna, Bulgaria

## ABSTRACT

**Introduction:** Knowledge management (KM) in healthcare is of growing importance to both scientists and practitioners in this field. KM systems will need to be increasingly focused on updating knowledge in real time. The need for innovative health knowledge management is growing rapidly and the benefits of the Internet of Things (IoT) can be used to improve KM systems, with the aim of knowledge management systems analyzing vast amounts of data, optimizing processes and to organize resources more efficiently and thus improve the income of organizations. IoT is seen as the next important factor that would influence the flow of knowledge and change the way health networks and organizations operate.

**Aim:** Numerous studies and researches have been carried out in order to improve the systems of KM through IoT. These challenges and issues are addressed from various aspects of IoT, such as applications, technologies, social and environmental impacts, etc.

**Results:** A conceptual model was developed that integrates KM processes and KM systems with the advantages of IoT, which can be effectively applied in healthcare - a prerequisite for entering Society 5.0.

**Conclusions:** The importance of KM is growing in a society that puts individual at the center and emphasizes innovations in solving social problems towards the next stage of society - Society 5.0, aimed at a high quality of life, achievable through advanced healthcare systems. Society 5.0 is a human-focused society, and healthcare is the domain that should prioritize the use of cutting-edge technologies.

**Key words:** Knowledge management, Internet of Things (IoT), Healthcare, Industry 4.0, Society 5.0, Technology

## ВЪВЕДЕНИЕ

Дигиталната трансформация в здравеопазването е постоянен процес, който повишава значението на управлението на знанието (УЗ) и „Интернет на нещата“ (IoT) (1, 2, 3). Както всяка част от нашия живот и здравната общност е по-свързана от всякога с технологиите. Тази област изисква достъп до иновативно споделяне на знания, актуализирана информация за здравни услуги и клинични резултати, за да се вземат информирани решения и да се предоставя качествена грижа за пациентите, при съблюдаване на изискванията за сигурност и поверителност (4).

Управлението на знанията в здравеопазването е от особена важност, тъй като здравните специалисти са изправени пред постоянно претоварване с информация, но не винаги разполагат със системи, които им помагат да намерят актуалната информация. Необходимостта от бърза, точна, навременна и достъпна информация е все по-голяма в здравната индустрия и специалистите са убедени, че от тази информация зависи състоянието на техните пациенти.

УЗ в една организация се отнася до процеса на събиране, организиране, съхраняване и споделяне на знания в една организация. Системите за УЗ са от решаващо значение в различните индустрии, но обединяването на организационните знания е от особена важност в света на здравеопазването, като се започне от споделяне на знания от вътрешни специализирани екипи, до глобални хранилища на знания в цялата здравна сфера (5). Много изследвания показват, че именно УЗ се превърна в най-важния ресурс на всяка организация и най-важният инструмент за нейния растеж (6, 7). Big Data, IoT, свързаните устройства и високопроизводителните компютри са в основата на източниците на данни за цифрови изображения, съхранение на електронни досиета (EHR), геномни данни и множество медицински бази данни (8). IoT има многобройни приложения в здравната индустрия. Технологиите могат да се използват за предоставяне на висококачествени медицински услуги с помощта на интелигентни медицински устройства. Технологиите, наречени Интернет на медицинските неща (IoMT) могат да помогнат за наблюдение и поддържане на жизненоважни данни, които могат да помогнат при вземането на клинични решения. Именно чрез IoT медицинските изделия и медицинските услуги могат да станат по-достъпни за населението, тъй като много потребителски мобилни устройства са изградени с Near Field Communication (NFC) и радиочестотна идентификация (RFID), и позволяват устройствата да споделят информация с ИТ системи. IoMT може да намали ненужните болнични посещения и тежестта върху системите за здравеопазване, като свързва пациентите с техните лекари и позволява прехвърлянето на медицински данни през защитена мрежа (9). Някои организации са много по-напред от други само заради по-добре развитите системи за УЗ и използването на техните ресурси от знания (10).

## ЦЕЛ

Извършени са множество проучвания и изследвания с оглед подобряване на системите на УЗ чрез IoT. Тези предизвикателства и проблеми се разглеждат от различни аспекти на IoT, като приложения, технологии, социал-

## INTRODUCTION

The digital transformation in healthcare is an ongoing process that increases the importance of knowledge management (KM) and the Internet of Things (IoT) (1, 2, 3) and the healthcare community is more connected than ever with technology. In order to make informed decisions and provide good patient care, this area requires access to innovative knowledge sharing, up-to-date information on health services and clinical knowledge paying attention to security and privacy (4).

Knowledge management in healthcare is of particular importance, as healthcare professionals face a constant overload of information, but do not always have systems in place to help them find the right and up-to-date information. The need for fast, accurate, timely and accessible information is growing in the healthcare industry and experts know that the successful treatment of their patients depends on this information.

KM in an organization refers to the process of obtaining, creating, collecting and sharing knowledge in the organization. KM systems are crucial in a lot of industries, but pooling of the organizational knowledge is most crucial in the field of healthcare, starting from knowledge sharing within in-house teams to global knowledge repositories across the world healthcare industry (5). Many studies show that KM has become the most important resource of each organization and the most important tool for its growth (6, 7). Big data, IoT, connected devices and high-performance computers are the basis of the main sources of data for digital images, Electronic Health Records (EHR), genomic data and many medical databases (8). IoT has numerous applications in the healthcare industry. The technology can be used to provide high quality medical services using intelligent medical devices. Also called the Internet of Medical Things (IoMT), the technology can help monitor and maintain vital data for clinical decisions. Through IoT medical devices and medical services can become more accessible to the people, as many consumer mobile devices are built with Near Field Communication (NFC) and Radio Frequency Identification (RFID) that allow devices to share information with IT systems. IoMT can reduce unnecessary hospital visits and the burden on healthcare systems by connecting patients with their physicians and allowing the transfer of medical data over a secure network (9). Some organizations are far ahead of others only because of better developed KM systems and proper use of their knowledge resources (10).

## AIM

Numerous studies and researches have been carried out in order to improve the systems of KM through IoT. These challenges and issues are addressed from various aspects of IoT, such as applications, technologies, social and

ни и екологични въздействия и т.н. Целта на този доклад е да представи потенциала на IoT в контекста на подобряване на процесите на знания и възможните положителни ефекти от прилагането на IoT в сектора на здравеопазването.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Прилагането на IoT в здравеопазването е предпоставка за изпълнение на Целите за устойчиво развитие за навлизане в Общество 5.0 (11, 12). Появата на икономики, основани на знанието, отдава значение именно на ефективното управление на знанието (13). УЗ е признат като ключов управленски процес, необходим за създаване, споделяне, съхраняване, използване и управление на знанията и информацията на една организация. Това е съвкупност от системни подходи за подпомагане на потока на информация и знания към и между точните хора в точното време (в правилния формат на правилната цена), така че те да могат да действат по-ефективно и да постигнат конкурентно предимство.

Това е точката на свързване на УЗ с „Интернет на нещата“. Една от основните цели на УЗ е процесът на прецизиране на данни, които идват от различни и понякога ненадеждни източници. Понастоящем една система за УЗ е в състояние да обработва огромно количество актуализации в реално време, да синтезира данни от различни източници и да достига до нови знания именно поради използването на IoT. IoT променя начина, по който се управлява знанието в организациите, изисквайки нова стратегия за управление на знанията и отворен подход за насърчаване на потоците от знания, които са предпоставка за иновативността на организациите (14).

УЗ се фокусира върху жизнения цикъл на информацията и сътрудничеството на хората при споделяне на прозрения и действия. Дигиталният свързан свят днес дава възможност на здравните организации да формират нови услуги в мрежа, близки до ежедневните потребности на пациентите. Знанията в реално време могат да осигурят удобен и бърз достъп до услуги, идентифициране на проблеми и проактивно разрешаване на проблемите на пациента. Тъй като все повече устройства и „неща“ са свързани, те споделят все повече данни като ги превеждат в разбираеми контексти. Повторното използване на знания в медицинските хранилища позволява вземането на решения от лекаря да се основава на голям обем теоретични данни и практически уроци, както и информация в реално време, получена от сензори или от други устройства.

Синергетичното използване на IoT и УЗ улеснява оперативната ефективност в здравните организации и определя трансформацията към смарт общество (12, 15). Светът е във века, в който знанието е основното предимство за успеха на хората и организациите. Кризата на COVID-19 създаде потребност всички индустрии да ускорят трансформацията към цифрови комуникации и споделяне на съдържание и затова е необходимо да се разработят рамки за управление на знанията, в които могат да бъдат интегрирани конкретни текущи технологични предизвикателства.

environmental impacts, etc. The purpose of this article is to present the potential of IoT in the context of improving knowledge processes and the possible positive effects of IoT implementation in the health sector.

## MATERIAL AND METHODS

The implementation of IoT in healthcare is a prerequisite for the implementation of the Sustainable Development Goals and entry into Society 5.0 (11, 12). The emergence of knowledge-based economies attaches particular importance to effective knowledge management (13). KM is recognized as a key management process required to create, share, store, use and manage the knowledge and information in the organization. It is a set of systematic approaches to support the flow of information and knowledge to and between the right people at the right time (in the right format at the right price) so that they can act more efficiently and achieve a competitive advantage.

This is the point of connecting KM to the Internet of Things. One of the main goals of KM is the process of refining data that comes from different and sometimes unreliable sources. Currently, a KM system is able to process a huge amount of real-time updates, synthesize data from various sources and gain new knowledge precisely due to the use of IoT. The IoT is changing the way knowledge is managed in organizations, requiring a new knowledge management strategy and an open approach to promoting the flow of knowledge that is a prerequisite for organizational innovation (14).

KM focuses on the life cycle of information and the cooperation of people in sharing insights and actions. The digitally connected world today enables healthcare organizations to create new online services close to the daily needs of patients. Real-time knowledge can provide convenient and fast access to services, problem identification and proactive patient problem solving. As more and more of our devices and „things“ are connected, they share more and more data and translate it into understandable contexts. The re-use of knowledge in medical repositories allows physician decision-making to be based on large number of case studies and learned practical lessons, as well as real-time information obtained from sensors or other devices.

The synergistic use of IoT with KM facilitates operational efficiency in healthcare organizations and determines the transformation to a smart society (12, 15). Nowadays the knowledge is the main asset for the success of people and organizations. The COVID-19 crisis has created a need for almost all industries to accelerate the transformation to digital communications and content sharing, and it is therefore necessary to develop knowledge management frameworks in which specific current technological challenges can be integrated.



## РЕЗУЛТАТИ

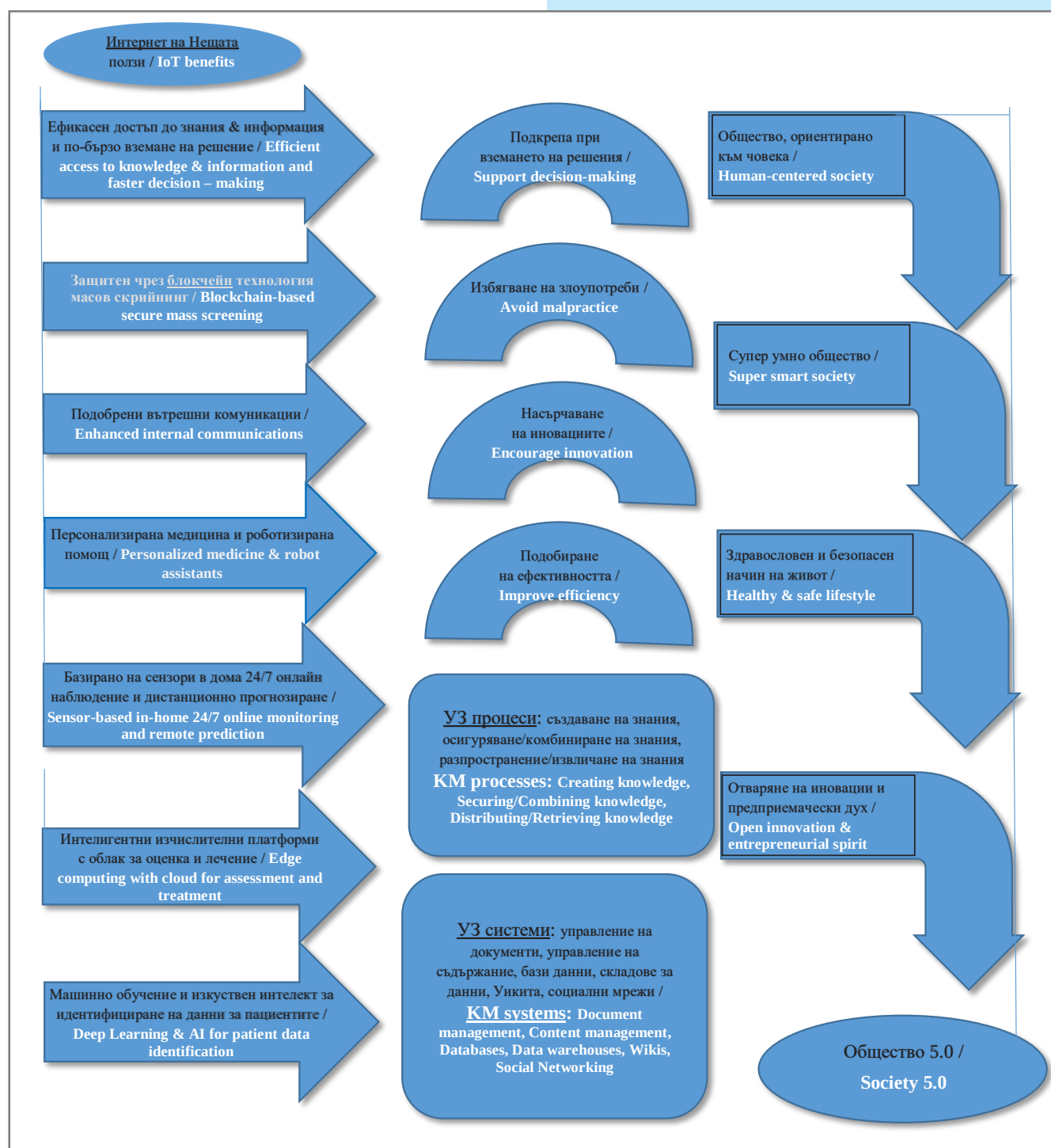
Основните ползи от УЗ в здравеопазването са: подпомагане вземането на информирани решения, избягване на злоупотреби и грешни диагнози и насърчаване на иновациите. Прилагането на системи за УЗ в здравните организации създава култура на постоянно работещо сътрудничество и професионалистите в тази област са склонни да се ангажират с непрекъснато обучение и образование.

**Фиг. 1.** Концептуален модел за управление на знанията и „Интернет на нещата“ в прехода към Общество 5.0

## RESULTS

The main benefits of KM in healthcare are to support informed decision-making, to avoid abuse and misdiagnosis, and to encourage innovation. The implementation of KM systems in healthcare organizations creates a culture of continuous cooperation and innovation and professionals in this field are open for lifelong learning and education.

**Fig. 1.** Conceptual KM Model with IoT Advantages in Healthcare on the Eve of Society 5.0





На фигура 1 е представен концептуален модел с предимства на IoT в здравеопазването в прехода към общество на знанието 5.0. Моделът описва потенциала на IoT в контекста на подобряване на процесите на управление на знанията и възможните положителни ефекти от внедряването на IoT в сектора на здравеопазването. Измежду ползите от IoT са ефикасен и бърз достъп до информация, което води до бързи решения; базирано на сензори онлайн наблюдение и дистанционно прогнозиране (например при пациентите с диабет), интелигентни изчислителни платформи, които използват изчислителни облаци за оценка на състоянието на даден пациент и корекция на неговото лечение. Предложената концепция интегрира процеси за УЗ и системите за УЗ с предимствата на IoT, които могат да се използват за ефективно прилагане на УЗ в здравеопазването – предпоставка за навлизане в Общество 5.0. Основните дейности, необходими за изграждане на базата данни от знания, са създаване на знания, използване на знания и разпространение/извличане на знания (16).

## ДИСКУСИЯ

Предизвикателствата по отношение на процесите за УЗ (създаването, съхранението, споделянето и използването/повторната употреба на знания) в здравеопазването са големи, поради сложността на сферата, въздействието на медицинските грешки, значителното нарастване на обема на знанията в медицинската област и повишените разходи за здравеопазване (17).

Сред съществуващите възможности за прилагане на УЗ в здравеопазването са: блогове Web 2.0, уикита, интранети, системи за подкрепа на вземането на клинични решения, електронни системи за здравни досиета и др. За да се реализира пълноценно прилагане на УЗ в здравеопазването, всички заинтересовани органи, политици, изследователи, здравни специалисти и доставчици на здравни услуги трябва да се съберат и да изиграят своята роля, за да се възползват от възможностите за подобряване на качеството на здравните грижи (18).

Управлението на знанията и IoT играят стратегическа и оперативна функция като позволяват прилагането на цифровите технологии да работи за приобщаваща визия към Общество 5.0. Повсеместното навлизане на изкуствения интелект и появата на автономни обучаеми технологии създават уникалната роля на човека като участник в създаването на знание, вземането на решения, справянето с проблеми и непрекъснато обучение (19, 20).

Бързата еволюция на информационните и комуникационните технологии (ИКТ) създава драстични промени в обществото и икономиката (21). Счита се, че УЗ е бизнес концепция, която може да донесе повишена рентабилност за организациите и добрите практики на УЗ могат да помогнат на всяка структура при създаването на така наречената „организационна памет“, като се насърчават иновационните процеси (22). Ясно е, че с внедряването на системите за УЗ при използване на IoT ще настъпят значителни промени в корпоративната култура, което ще се отрази и на управленската структура на здравните организации (23).

The figure presents a conceptual model with the advantages of IoT in healthcare in the transition to a knowledge society 5.0. The model describes the potential of IoT in the context of improving knowledge management processes and the possible positive effects of IoT implementation in the health sector. Among the benefits of IoT are the efficient and fast access to information, which leads to quick solutions; sensor-based online monitoring and remote prediction (e.g. patients with diabetes), intelligent computing platforms that use cloud computing to assess a patient's condition and adjust their treatment. The proposed concept integrates KM processes and KM systems with the advantages of IoT, which can be used for effective implementation of KM in healthcare - a prerequisite for entering Society 5.0. The main activities needed to build a knowledge base are knowledge creation, knowledge use and knowledge dissemination/retrieval (16).

## DISCUSSIONS

The challenges regarding the processes of KM (creation, storage, sharing and use/reuse of knowledge) in healthcare are great due to the complexity of the field, the impact of medical errors, the significant increase in medical knowledge and increased healthcare costs (17).

Among the existing possibilities for application of KM in healthcare are: blogs Web 2.0, wikis, intranets, systems for support of clinical decision-making processes, electronic systems for health records and others. In order to fully implement KM in healthcare, all stakeholders, policy makers, researchers, health professionals and healthcare providers need to come together and play their part in seizing the opportunities to improve the quality of healthcare (18).

Knowledge management and IoT play a strategic and operational function, allowing the application of digital technologies to work for an inclusive vision of Society 5.0. The ubiquity of artificial intelligence and the emergence of autonomous machine and deep learning technologies create the unique role of human as a participant in the creation of knowledge, decision makers, problem solvers and learners (19, 20).

The rapid evolution of information and communication technologies (ICT) has brought about drastic changes in society and industry (21). There is an opinion that KM is a business concept that can bring increased profitability to organizations and good practices of KM can help any organization in creating the so-called „organizational memory“ by encouraging innovation processes (22). It is clear that with the introduction of KM systems using IoT there will be significant changes in the corporate culture, which will affect the management structure of the organization (23).

Интеграцията на тези технологии с машинно обучение, интелигентни алгоритми, здравен облак, анализ на големи данни и др., формират визията за новата здравна индустрия Health 4.0, адаптирана от принципите на Industry 4.0. Концепцията Health 4.0 има за цел да постигне по-голямо участие на пациентите и лицата, които се грижат за тях, което е в съответствие с прехода към Общество 5.0 в здравеопазването (24). С други думи, това е подход, ориентиран към хората, към човешкия растеж и се стреми да използва технологичните иновации за постигане на приобщаващо, устойчиво и овластяващо общество (25). Промяната е в посока пациентите да бъдат по-самостоятелни, лекарите по-облекчени, диагнозите по-точни, което да позволи разработването на специални персонализирани терапии. В комбинация с методи за УЗ, позволяващи на хората и компютрите да генерират, разпространяват и използват клиничните знания по най-добрия начин, ще бъде създадено това ново ниво на информационните технологии в здравеопазването – Health 4.0 (26). В този преход, от решаващо значение е пациентите, лицата, които се грижат за тях и здравните работници, да бъдат поставени в центъра на интелигентното и свързано здравеопазване. Важно е да се вземат предвид техните характеристики, нужди, способности и ограничения при проектирането и прилагането на интелигентни и взаимосвързани здравни грижи (27).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимостта от иновативно управление на знанията в областта на здравеопазването нараства бързо и предимствата на IoT могат да се използват за усъвършенстване на системите за УЗ. Задачите на системите за УЗ са свързани с анализиране на огромно количество данни и IoT платформите имат потенциала да оптимизират процесите и да реорганизируют ресурсите по-ефективно и по този начин да подобрят приходите. IoT се разглежда като следващият базисен фактор, който би повлиял на потока от знания и би променил начина, по който функционират здравните мрежи и организации, с оглед идентифициране на потребностите на пациентите и тяхното обслужване.

Дигиталната трансформация създава нови заплахи за поверителността и достоверността на данните на пациентите и лекарите. Сигурността при прилагането на системите за управлението на знанията и IoT, от гледна точка на вземане на решения в здравеопазването, е от първостепенно значение. Качеството и безопасността на грижите, предоставяни за пациентите, могат да бъдат значително подобрени чрез използване на подходящи и удобни за потребителя инструменти. Системите за УЗ в здравните организации подпомагат навлизането на авангардни технологии и са особено полезни за здравната система, тъй като предоставят алгоритъм за бърз и навременен достъп до необходимата информация.

Предложеният концептуален модел представя тясната връзка и взаимосвързаност между ползите от УЗ и IoT в областта на здравеопазването - предпоставка за навлизане в социалното общество 5.0., насочено към по-високо качество на живот, постижимо чрез напреднали здравни системи.

The integration of these technologies with machine learning, intelligent algorithms, health cloud, big data analysis, etc., form the vision of the new Health 4.0 health industry, adapted from the principles of Industry 4.0. The Health 4.0 concept aims to achieve greater participation of patients and carers, which is in line with the transition to Society 5.0 in healthcare (24). In other words, it is a people-centered approach to human growth and seeks to use technological innovation to achieve an inclusive, sustainable and empowering society (25). The change is in the direction of patients to be more independent, medical doctors more relieved, diagnoses more accurate, which will allow the development of special personalized therapies. Combined with KM methods that allow people and computers to generate, disseminate and use clinical knowledge in the best way, this new level of IT in healthcare will be created - Health 4.0 (26). In this transition, it is crucial that patients, carers and healthcare professionals be placed at the heart of smart and connected healthcare. It is important to take into account their characteristics, needs, capabilities and limitations in the design and implementation of smart and interconnected healthcare (27).

## CONCLUSION

The need for innovative health knowledge management is growing rapidly and the benefits of IoT can be used to improve KM systems. The tasks of KM systems are related to analyzing a huge amount of data and IoT platforms have the potential to optimize processes and reorganize resources more efficiently and thus improve revenue. The IoT is seen as the next major factor that would influence the flow of knowledge and change the way health networks and organizations operate in order to identify patients' needs and care.

The digital transformation poses new threats to the confidentiality and reliability of patient and physician data. Security in the application of knowledge management systems and IoT from the point of view of decision-making in healthcare is of paramount importance. The quality and safety of care provided to patients can be significantly improved by using appropriate user-friendly tools. KM systems in healthcare organizations support the entry of innovative technologies and are especially useful for the healthcare system, as they provide an algorithm for fast and timely access to the necessary information.

The proposed conceptual model presents the interconnection between the benefits of KM and IoT in the field of healthcare - a prerequisite for entering the social society 5.0., aimed at a higher quality of life, achievable through advanced healthcare systems.

## КНИГОПИС / REFERENCES

1. Santoro, Gabriele & Vrontis, Demetris & Thrassou, Alkis & Dezi, Luca, 2018. „The Internet of Things: Building a knowledge management system for open innovation and knowledge management capacity,” *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, vol. 136(C), pages 347-354  
[https://www.researchgate.net/publication/315120183\\_The\\_Internet\\_of\\_Things\\_Building\\_a\\_knowledge\\_management\\_system\\_for\\_open\\_innovation\\_and\\_knowledge\\_management\\_capacity](https://www.researchgate.net/publication/315120183_The_Internet_of_Things_Building_a_knowledge_management_system_for_open_innovation_and_knowledge_management_capacity) (Last visited September 2021)
2. Kraus Sascha, Schiavone Francesco, Pluzhnikova Anna, Invernizzi Anna Chiara. Digital transformation in healthcare: Analyzing the current state-of-research, *Journal of Business Research* 123 (2021) 557–567
3. Pereira Andreia Gregório, Lima Tânia Miranda, Santos Fernando Charrua. Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats, *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-5, January 2020, pp. 3305-3308
4. Lokshina Izabella, Lanting Cees J.M. A Qualitative Evaluation of IoT-driven eHealth: Knowledge Management, Business Models and Opportunities, Deployment and Evolution, *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, 2018, pp. 4123-4132,  
<https://www.researchgate.net/publication/322493985>
5. Discover a knowledge management system that works for the healthcare industry, 2021,  
<https://www.getguru.com/reference/knowledge-management-healthcare>
6. Murray E. Jennex, Big Data, the Internet of Things, and the Revised Knowledge Pyramid, November 2017, *Data Base for Advances in Information Systems* 48(4):69-79; [https://www.researchgate.net/publication/320936270\\_Big\\_Data\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_and\\_the\\_Revised\\_Knowledge\\_Pyramid](https://www.researchgate.net/publication/320936270_Big_Data_the_Internet_of_Things_and_the_Revised_Knowledge_Pyramid)
7. Rot Artur, Sobinska Malgorzata. The Potential of the Internet of Things in Knowledge Management System, *Position Papers of the Federal Conference on Computer Science and Information Systems*, ACSIS, 2018, Vol. 16, pp. 63-68, ISSN 2300-5963
8. Bolhasani Hamidreza, Mohseni Maryam, Rahmani Amir Masoud. Deep learning applications for IoT in health care: A systematic review, *Informatics in Medicine Unlocked* 23 (2021) 100550S. Vishnu, S. R. J. Ramson and R. Jegan, „Internet of Medical Things (IoMT) - An overview,” 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS), 2020, pp. 101-104, doi: 10.1109/ICDCS48716.2020.243558.
9. S. Vishnu, S. R. J. Ramson and R. Jegan, „Internet of Medical Things (IoMT) - An overview,” 2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS), 2020, pp. 101-104, doi: 10.1109/ICDCS48716.2020.243558
10. Zengin, Y.; Naktiyok, S.; Kaygın, E.; Kavak, O.; Topçuoğlu, E. An Investigation upon Industry 4.0 and Society 5.0 within the Context of Sustainable Development Goals. *Sustainability* 2021, 13, 2682. <https://doi.org/10.3390/su13052682>
11. Verdejo Espinosa, Á.; López, J.L.; Mata Mata, F.; Estevez, M.E. Application of IoT in Healthcare: Keys to Implementation of the Sustainable Development Goals. *Sensors* 2021, 21, 2330. <https://doi.org/10.3390/s21072330>
12. Yikilmaz Ibrahim. New Era: The Transformation from the Information Society to Super Smart Society (Society 5.0), in *Data, Information and Knowledge Management*, Nobel Bilimsel Eserler Sertifika no.: 20779, ISBN: 978-625-7126-19-9, 1 Edition, June 2020, pp.85-113;  
<https://www.researchgate.net/publication/347937634>
13. Omotayo, Funmilola Olubunmi, „Knowledge Management as an important tool in Organisational Management: A Review of Literature“ (2015). *Library Philosophy and Practice* (e-journal). Paper 1238.  
<http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/1238>
14. Erika Kajiya Ikeda et.al. The relationship between the Internet of Things and knowledge management in smart ecosystem development, *Knowledge and Process Management*, Volume 28, Issue 2, 2021, pp. 181 -194  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/kpm.1658>
15. Kumar Sachin, Tiwari Prayag, Zymbler Mikhail. Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: a review, *Journal of Big Data*, 2019, 6:111, pp.1-21  
[https://www.researchgate.net/publication/337846400\\_Internet\\_of\\_Things\\_is\\_a\\_revolutionary\\_approach\\_for\\_future\\_technology\\_enhancement\\_a\\_review](https://www.researchgate.net/publication/337846400_Internet_of_Things_is_a_revolutionary_approach_for_future_technology_enhancement_a_review)
16. Baek, S., Liebowitz, J., Brasad S. and Granger M. (2000). 'An Intelligent Agent-Based Framework for Knowledge Management on The Web: An Exploratory Study of A Virtual Team in Designing A Multimedia System ', Retrieved July, 2008 from  
<http://www.udlap.mx/~ayalasan/administracionDelConocimiento/baek.html>
17. Rinky Batra, Role of Knowledge Management System In Healthcare Industry, 2021 PHPKB, August 2021;  
<https://www.phpkb.com/kb/article/role-of-knowledge-management-system-in-healthcare-industry-228.html>
18. Leila Shahmorandi et al., Knowledge Management Implementation and the Tools Utilized in Healthcare for Evidence-Based Decision Making: A Systematic Review, *Ethiop J Health Sci.* 2017 Sep; 27(5): 541–558;  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5615016>
19. Fazel Ansari, (2019). Knowledge Management 4.0: Theoretical and Practical Considerations in Cyber Physical Production Systems, *IFAC Papers On Line* 52-13 (2019) 1597–1602
20. J. Bibaud-Alves, H. B. El-Haouzi, P. Thomas, and V. Boucinha, (2019). „Toward a sustainable new product development approach based on industry 4.0 assets,” in *International Workshop Service Orientation in Holonic and Multi-agent Manufacturing, SOHOMA'18* vol. 803, S. Cavallieri, A. Thomas, D. Trentesaux, and T. Borangui, Eds., ed: Springer Verlag, 2019, pp. 156-167
21. Özgür Önday, (2019). Japan's Society 5.0: Going Beyond 4.0, May 2019; [https://www.researchgate.net/publication/333139463\\_Japan's\\_Society\\_50\\_Going\\_Beyond\\_Industry\\_40](https://www.researchgate.net/publication/333139463_Japan's_Society_50_Going_Beyond_Industry_40)
22. Jaffar Abbas, Qingyu Zhang, Iftikhar Hussain et al. (2020). Sustainable Innovation in Small Medium Enterprises: The Impact of Knowledge Management on Organizational Innovation through a Mediation Analysis by Using SEM Approach, *Sustainability* 2020, 12, 2407; doi:10.3390/su12062407  
<https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i6p2407-d334345.html>
23. Michael Koenig, (2021). Knowledge Management in 2021: KM Enters a New Stage,  
<https://www.kmworld.com/Articles/Editorial/ViewPoints/Knowledge-management-in-2021-KM-enters-a-new-stage-144566.aspx>

24. Al-Jaroodi, J., Mohamed, N., & Abukhousa, E. (2020). Health 4.0: on the way to realizing the healthcare of the future. *IEEE Access*, 8, 211189-211210.
25. Ciasullo, M. V., Orciuoli, F., Douglas, A., & Palumbo, R. (2021). Putting Health 4.0 at the service of Society 5.0: Exploratory insights from a pilot study. *Socio-Economic Planning Sciences*, 101163.

**Адрес за кореспонденция:**

Теодора Бакърджиева  
Варненски свободен университет  
e-mail: bakardjieva@vfu.bg

26. Schnurr, H. P., Aronsky, D., & Wenke, D. (2018). Medicine 4.0—interplay of intelligent systems and medical experts. In *Knowledge management in digital change* (pp. 51-63). Springer, Cham.
27. Li, J., & Carayon, P. (2021). Health Care 4.0: A vision for smart and connected health care. *IIE transactions on healthcare systems engineering*, 11(3), 171-180.

**Address for correspondence:**

Teodora Bakardjieva  
Varna Free University, Varna, Bulgaria  
e-mail: bakardjieva@vfu.bg



# ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ИНТЕНЗИТЕТА НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ПОЛЕ И ЗОНАТА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕ, ОТЧИТАЙКИ СПЕЦИФИКАТА НА 5G ТЕХНОЛОГИЯТА

Цветелина Шаламанова<sup>1</sup>, Мишел Израел<sup>1,2</sup>,  
Христина Петкова<sup>1</sup>, Виктория Зарябова<sup>1</sup>,  
Михаела Иванова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национален център по общественото здраве и анализи

<sup>2</sup>Медицински университет – Плевен

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** Въвеждането на новата 5G технология е придружено от проблеми, свързани с оценката на експозицията на електромагнитни полета. Съществува необходимост от разработване на метод за оценка на експозицията по отношение на изискванията на законодателството на България и съобразен с новите телекомуникационни технологии.

**Цел:** Да се разработи адаптиран метод за изчисление на интензитет на електричното поле и плътност на мощност за оценка на хигиенно-защитната зона около приемно-предавателни станции, в съответствие с изискванията на европейските практики и стандарти относно новата 5G технология и националното законодателство.

**Материал и методи:** Първият етап на внедряване на 5G изисква надграждане на съществуващите мобилни 2G / 3G / 4G мрежи, което поражда много опасения относно възможността границите на излагане на електромагнитно поле (ЕМП) да бъдат превишени. Това е особено вярно за страни като България с по-рестриктивно законодателство от ръководствата на международни органи като Международната комисия за защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) и Института на инженерите по електротехника и електроника (IEEE), чрез Международния комитет по електромагнитна безопасност (ICES). Методите за оценка на експозицията са съобразени освен с националното законодателство и с изискванията на IEC 62232 на Международната електротехническа комисия (IEC) и IEC Технически доклад (TR) 62669, включващи и 5G.

**Резултати и обсъждане:** Разработен е адаптиран метод за изчисление на интензитет на електричното поле и плътност на мощност за оценка на хигиенно-защитната зона около приемно-предавателни станции, в съответствие с изискванията на европейските практики и стандарти относно новата 5G технология и националното законодателство.

**Заклучение:** Адаптирането на съществуващата методика ще направи възможно извършването на оценката на експозицията и ще спомогне за безопасното въвеждане на обектите с наличие на 5G системи.

**Ключови думи:** 5G, метод, ЕМП, биймформинг, Massive MIMO, хигиенно-защитна зона, симулация на ЕМП

# DETERMINATION OF RF FIELD STRENGTH AND SAFETY ZONE, REGARDING THE SPECIFICITY OF THE 5G TECHNOLOGY

Tsvetelina Shalamanova<sup>1</sup>, Michel Israel<sup>1,2</sup>,  
Hristina Petkova<sup>1</sup>, Victoria Zaryabova<sup>1</sup>,  
Mihaela Ivanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Centre of Public Health and Analyses

<sup>2</sup>Medical University - Pleven

## ABSTRACT

**Introduction:** The introduction of the new 5G technology is accompanied by problems related to the exposure assessment of electromagnetic fields (EMF). There is a need for an exposure assessment method corresponding to requirements of the Bulgarian EMF legislation and specificity of the new telecommunication technologies.

**Objective:** To develop an adapted numerical calculation method for safety zones evaluation around telecommunication transmitters with the respect of European practices concerning the new 5G technology.

**Materials and methods:** The first stage of implementation of 5G requires upgrading existing mobile 2G / 3G / 4G networks, which raises many concerns about the possibility for EMF exposure limits to be exceeded. This is especially true for countries like Bulgaria with more restrictive legislation than the guidelines recommended by international bodies such as the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), through the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES). The methods of exposure assessment comply with the requirements of IEC 62232 of the International Electrotechnical Commission (IEC) and IEC Technical Report (TR) 62669 including 5G.

**Results and discussion:** It is developed an adapted numerical calculation method for safety zones evaluation around telecommunication transmitters, with the respect of European practices concerning the new 5G technology and national legislation.

**Conclusion:** The adapted existing method will make it possible to perform exposure assessment and will help the safe introduction of base stations with 5G systems.

**Key words:** 5G, method, EMF, beamforming, Massive MIMO, safety zone, simulation of EMF

## ВЪВЕДЕНИЕ

Петото поколение мобилни мрежи (5G) представляват следващата стъпка в телекомуникационните стандарти, значително надхвърляйки възможностите на съществуващите мобилни 2G / 3G / 4G стандарти. Благодарение на спецификата на 5G технологията, като Massive MIMO (Multi-Input Multiple-Output) и биймформинга (формиране на лъча), е възможно да се задоволят непрекъснато нарастващите нужди на потребителите на мобилни мрежи, както и тези, наложени от иновативни концепции и приложения като телемедицина, телехирургия, автономни автомобили, интелигентни градове. Въвеждането на новата 5G технология е придружено от проблеми, свързани с оценката на експозицията на електромагнитни полета (ЕМП). Развитието на спецификации за тази технология, Non-Stand Alone (NSA) през март 2018 г. и 5G Standalone Access (SA) през септември 2018 г., предполага комерсиализацията на 5G да продължи по два начина: като надграждане на съществуващите 4G мрежи NSA, както и независимо внедряване на инфраструктурата на 5G New Radio (NR).

Първият етап от внедряването на 5G изисква надграждане на съществуващите мобилни 2G / 3G / 4G мрежи, което поражда много въпроси относно възможността да бъдат надвишени граничните стойности на електромагнитната експозиция.

Две международни организации - Международната комисия по защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) (1) и Институтът на инженерите по електротехника и електроника (IEEE) (2), разработват насоки за оценка на експозицията от електрически, магнитни и електромагнитни полета.

Регламентът за ограничаване на електромагнитната експозиция, приет в Европа, е на основата на препоръките на Международната комисия за защита от нейонизиращо лъчение (ICNIRP). Препоръките на ICNIRP са публикувани през 1998 г. и са включени в законодателството в много страни. Европейският съюз създаде препоръка 1999/512/ЕО за оценка на експозиция на населението (3) и Директива 2013/35/EU за оценка на експозиция на работещите (4). Новите препоръки на ICNIRP 2020 (5) обхващат много приложения като 5G технологиите, но все още не се прилагат широко в европейското законодателство.

Европейската комисия в „5G for Europe: An Action Plan“ изтъква значението на това всички европейски държави да приведат в съответствие своите политики и законодателство за излагане на ЕМП, за да насърчат ефективното внедряване на 5G (6).

Всяка страна въвежда препоръката на ЕС и ICNIRP като минимални изисквания за защита на населението от ЕМП, което ѝ дава право да въведе и по-строги изисквания.

Някои европейски страни, като България, Полша, Италия и др., са определили по-рестриктивно националното законодателство за защитата на здравето на населението от експозиция с ЕМП.

## INTRODUCTION

The fifth generation of mobile networks (5G) represents the next step in telecommunication standards, significantly exceeding the capabilities of existing mobile 2G / 3G / 4G standards. Thanks to the specifics of 5G technology, such as Massive MIMO (Multi-Input Multiple-Output) and beamforming, it is possible to meet the ever-growing needs of mobile network users, as well as those imposed by innovative concepts and applications such as telemedicine, telesurgery, autonomous cars, smart cities. The introduction of the new 5G technology is accompanied by problems related to the assessment of exposure to electromagnetic fields (EMF). The development of specifications for this technology: Non-Stand Alone (NSA) in March 2018, and 5G Standalone Access (SA) in September 2018 suggests that the commercialization of 5G continues in two ways: as an upgrade of existing 4G NSA networks, and independent implementation of the 5G New Radio (NR) infrastructure.

The first stage of 5G implementation requires upgrading the existing mobile 2G / 3G / 4G networks, which raises many questions about the possibility of exceeding the electromagnetic exposure limits.

Two international organizations, the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (1) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (2), are developing guidelines for estimating exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields.

The regulation on limiting electromagnetic exposure adopted in Europe is based on the recommendations of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). The ICNIRP guidelines were published in 1998 and have been incorporated into legislation in many countries. The European Union has established Recommendation 1999/512 / EC of EMF exposure limit values for the general public (3) and in Directive 2013/35 / EU exposure limit values for workers (4). The new ICNIRP guidelines 2020 (5) cover many applications such as 5G technologies but still not implemented broadly in European legislation.

The European Commission in its 5G Action plan emphasizes the importance of all European countries aligning their EMF exposure policies and legislation to promote the effective deployment of 5G (6).

Each country introduces the EU and ICNIRP recommendations as minimal requirements for the protection of the population from EMF, which gives it the right to implement stricter requirements.

Some European countries, such as Bulgaria, Poland, Italy and others have defined more restrictive national legislation for the protection of public health from exposure to EMF.

The national document introducing exposure limit

В нашата страна нормативният документ, въвеждащ гранични стойности (пределно допустими нива) за защита на населението, е Наредба № 9/1991 на МЗ и МОС, ДВ, бр. 35, с изменение и допълнение в ДВ, бр. 8, 2002 г. (7). Наредбата регламентира граничните стойности за определен честотен диапазон за стационарни комуникационни източници, излъчващи в населените места, а не за конкретна технология. Съгласно тази наредба телекомуникационните съоръжения преминават през два етапа на здравен контрол.

Първият етап изисква преди пускане на обекта в експлоатация на базата на технически проект, подаден от собственика на обекта, да се изчислят хигиенно-защитните зони (ХЗЗ) около излъчващите съоръжения по утвърдена към наредбата методика. Използва се консервативен модел за оценка, който надценява реалната експозиция и не отчита спецификата на съвременните телекомуникационни технологии.

Вторият етап - "пробна експлоатация". При провеждането на контрола на този етап, чрез практическо измерване на електромагнитните полета (ЕМП) около съоръженията се оценява дали те отговарят на хигиенните норми, установени в наредбата и дали е спазена определената хигиенно-защитната зона.

За честоти от 300 MHz до 30 GHz, съгласно нашето законодателство, се нормира величината "плътност на мощност" ( $S$ ,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Приетата гранична стойност за тези честоти у нас е  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . За сравнение референтната стойност в препоръката на ICNIRP за диапазона 2000 MHz до 300 GHz е  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Както се вижда, препоръчаните норми от ICNIRP са многократно по-високи от пределно допустимата стойност за население, регламентирана в законодателството на нашата страна.

Един от факторите, които могат да имат важно значение върху масовото внедряване на 5G мрежите, са проблемите, свързани с оценката на електромагнитната експозиция. Този факт беше от ключово значение при оценката на предишните 3G и 4G технологии, но ситуацията изглежда по-невъзможна при надграждането на сайтове и с 5G, особено в гъсто населените райони.

Поради наличието на различни технологии е необходимо да се оцени комбинираната експозиция на ЕМП. Конвенционалните подходи, основани на теоретична оценка при максимална мощност, могат да доведат до много големи хигиенно-защитни зони, които да усложнят инсталацията на излъчващите системи в конкретно място. Освен това, трябва да се има предвид и спецификата на 5G New radio (NR) (8), която се характеризира с интелигентни технологии като Massive MIMO (Multi-Input Multiple-Output) и биймформинга -техники за формиране на лъча (9), при които лъчът се насочва там, където има потребител, а не се излъчва непрекъснато в пространството, както това се случва при конвенционалните секторни антени от предишни поколения. Това означава, че оценката на

values (maximum permissible levels) for the general public protection is Ordinance No. 9 of 14 March 1991 – Exposure limit values for Electromagnetic Radiation in Residential Areas and for Determining Safety Zones Around Electromagnetic Sources (7). It regulates the limit values for a certain frequency range for stationary communication sources broadcasting in populated areas, and not for a specific technology. According to this ordinance, telecommunication sources pass through two stages of health control.

The first stage requires calculation the safety zones (SZ) of emitting stationary sources, before putting the site into operation. The assessment is based on a technical project submitted by the owner of the site, according to the method approved by the Ordinance. On this stage a conservative evaluation model is used, which overestimates the actual exposure and does not take into account the specifics of new telecommunications technologies.

According to the current national legislation at the second stage of control for each stationary source of EMF emitting in the environment onsite measurements of the electromagnetic fields (EMF) have to be performed. It is assessed whether they meet the permissible levels established in the ordinance and whether the specified safety zones are observed.

For frequencies from 300 MHz to 30 GHz, according to national legislation, the parameter  $e$  „power density“ ( $S$ ,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) is standardized. The accepted limit value for these frequencies in our country is  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . For comparison, the reference value in the ICNIRP recommendation for the frequency range 2000 MHz to 300 GHz is  $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

As it could be seen, the recommended exposure values by ICNIRP are many times higher than the maximum permissible values for the general public, regulated in the legislation of our country.

One of the factors that may be important in the mass deployment of 5G networks is the problems associated with the assessment of electromagnetic exposure. This fact was crucial in the evaluation of previous 3G and 4G technologies, but the situation seems more complicated when upgrading sites with 5G, especially in densely populated areas.

Due to the presence of different technologies, it is necessary to assess the combined exposure to EMF. Conventional approaches based on theoretical assessment at maximum power can lead to very large safety zones, which will complicate the installation a specific place. In addition, the specifics of 5G New Radio (NR) (8), which is characterized by intelligent technologies such as Massive MIMO (Multi-Input Multiple-Output) and beamforming (9), should be taken into account. This means that the beam is directed to the user and doesn't emit continuously in space, as it happened in the conventional sector antennas from previous generations. For that reason, the



експозицията въз основа на традиционния консервативен подход, при която теоретичната максимална мощност се предава във всяка възможна посока за дълъг период от време, е нереалистична (10).

## ЦЕЛ

Да се разработи адаптиран метод за определяне границата на хигиенно-защитните зони около приемо-предавателни станции, с отчитане на спецификата на 5G стандарта, като се вземе предвид по-рестриктивното законодателство на България, а методите за оценка на експозицията се съобразят с изискванията на IEC 62232(11) на Международната електротехническа комисия (IEC) и IEC Технически доклад (TR) 62669 (12), включващи и 5G.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

5G стандартът ще се развива в три диапазона, за да се осигури широко покритие и да поддържа всички планирани услуги: под 1 GHz, 1-6 GHz и над 6 GHz (13). В България Комисията за регулиране на съобщенията до момента е предоставила лицензии за 5G разпространение в честотния диапазон от 3500-3700 MHz. В резултат на това трябва да може да се направи оценка на електромагнитната експозиция за 5G технологиите, като се вземат предвид този обхват и използването на Massive MIMO антени с формиране на насочени лъчи.

### 1. Определяне границата на хигиенно-защитната зона (зоната на въздействие) около приемо-предавателни станции (ППС).

Действащото законодателство за защита на населението от електромагнитни полета у нас е Наредба № 9/1991 г. Хигиенно-защитната зона (ХЗЗ) се определя по утвърдената „Методика за изчисляване напрегнатостта и плътността на енергийния поток на електромагнитните полета около излъчващи обекти, работещи в обхвата от 30 kHz до 30 GHz“(14). Съгласно тази методика максималният размер на ХЗЗ за честотни ленти в диапазони до 1 GHz се определя по формулата:

$$R_{\max} = \frac{\sqrt{30 \cdot G \cdot P}}{E_{\max}} \cdot F(\varphi) F(\theta) k \quad [1],$$

където:

$E_{\max}$  е пределно допустимо ниво на интензитета на електричното поле в населена територия, V/m ( $E_{\max} = \sqrt{3 \cdot 77 \cdot S_{\max}}$ , тук  $S_{\max}$ ,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , е плътност на мощност за диапазона от 0,3 до 30 GHz,  $S_{\max} = \mu\text{W}/\text{cm}^2$ );

$G$  е коефициент на усилване, в пъти;

$P$  е мощността на входа на антената, W;

$k$  е коефициент, отчитащ взаимодействието между пряката и отразената вълна. При изчисленията  $k = 1.41$

exposure assessment based on the traditional conservative approach, in which the theoretical maximum power is transmitted in each possible direction for a long period of time, is unrealistic (10).

## OBJECTIVE

In this report we present an adapted method for determining the boundary of the safety zone around base stations, taking into account the specifics of the 5G standard. The aim is to take into account the more restrictive legislation of Bulgaria, as the methods of exposure assessment comply with the requirements of IEC 62232 (11) of the International Electrotechnical Commission (IEC) and IEC Technical Report (TR) 62669 (12) including 5G.

## MATERIALS AND METHODS

The 5G standard will be developed in three frequency bands to provide coverage and support for all planned services: below 1 GHz, 1-6 GHz and above 6 GHz (13). In Bulgaria, the Communications Regulation Commission has so far granted 5G distribution licenses in the 3500-3700 MHz frequency band. As a result, it should be possible to estimate the electromagnetic exposure to 5G technologies, taking into account frequency range and the use of Massive MIMO antennas and beamforming.

### 1. Determination of the boundary of the safety zone around base stations (BS)

The current national legislation for the general public protection from electromagnetic fields in our country is Ordinance No. 9/1991. SZ are determined according to the approved „Method for calculating the strength and power flux density of electromagnetic fields around emitting sources operating in the range from 30 kHz to 30 GHz“. (14) According to this method, the maximum safety distance for frequency bands in the range up to 1 GHz is determined by the equation:

$$R_{\max} = \frac{\sqrt{30 \cdot G \cdot P}}{E_{\max}} \cdot F(\varphi) F(\theta) k \quad , [1]$$

where:

$E_{\max}$  is the maximal permissible level of electric field, V/m up to 0.3 GHz. For the frequency range from 0.3 to 30 GHz the maximal permissible level is expressed in power density  $S_{\max}$ ,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

$G$  is the gain, dBi;

$P$  is the maximum input power to the antenna, W;

$k$  is the coefficient presenting the interaction between the direct and reflected wave. In the calculations for the worst case scenario of exposure  $k$  is considered equal to 1.41.



$F(\varphi)$  и  $F(\theta)$  са стойности, изчислени или отчетени съответно от хоризонталната и вертикалната диаграма на излъчване за разглежданата посока, определена с азимуталния ъгъл  $\varphi$  и ъгъла на наклона  $\theta$ . При изчисленията  $F(\varphi)$  и  $F(\theta)$  се приемат за равни на единица (най-лош случай).

Хигиенно-защитна зона за честотни ленти в диапазони над 1 GHz се определя по формулата:

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{25 \cdot G \cdot P}{\pi \cdot S_{\max}}} \cdot F, \text{ m [2]},$$

където:

$G$  е коефициент на усилване, в пъти;

$P$  е мощността на входа на антената, W;

$F$  е коефициент, отчитащ реалните условия на разпространение на електромагнитната вълна (отражение и/или поглъщане) – при изчислението се използва максималната стойност на  $F = 1,6$  (най-лош случай).

При излъчване в два честотни диапазона: под и над 1 GHz, X33 се определя по формула [3], като при изчисленията се взема максималният коефициент на усилване за съответния честотен диапазон.

$$R_{\max} = \sqrt{R_{1\max}^2 + R_{2\max}^2}, \text{ m [3]}$$

## 2. Специфики на 5G технологията

Характеристиките на новата технология изискват подход, който не е предвиден от настоящата методика. Изчислителните процедури трябва да се коригират, като се вземат предвид различни фактори, влияещи на оценката на експозицията.

Един от факторите е Massive MIMO (mMIMO) технологията, при която се излъчват редица тесни лъчи, индивидуално насочени към целеви устройства. Тази характеристика на mMIMO антените се различава от конвенционалните технологии за телекомуникация. Това динамично фокусиране на енергията в различни отделни посоки оказва влияние на действителната експозиция, защото предоставя услуга на различни потребители в различни географски местоположения. Следователно формирането на лъча включва допълнителна променливост при определяне на мощността, допринасяща за реалната експозиция. Променливостта на мощността се дължи на два фактора: вариация на трафика и осреднено по време пространствено разпределение на предаваната мощност или EIRP (ефективна еквивалентна излъчена мощност) (11, 12).

По време на излъчването на антенната система усилването на антената, посоката на лъча и предаваната мощност са вариращи по време, азимут и вертикала. Осреднената по време EIRP зависи от детерминирани фактори ( $P_{\text{TXM}}$ ,  $F_{\text{TDC}}$  и  $G_{\text{MLB}}$ ) и фактори ( $F_{\text{PDL}}$  и  $F_G$ ), които могат да бъдат променливи.

$F(\varphi)$  and  $F(\theta)$  are values calculated or obtained from the horizontal and vertical emission patterns, respectively, for the considered direction, determined by the azimuthal angle  $\varphi$  and the elevation angle  $\theta$  (the angle between emission direction and the horizontal plane); In the calculations for the worst case scenario of exposure  $F(\varphi)$  and  $F(\theta)$  are considered equal to 1.

The maximal dimension of the safety zone for frequencies above 1 GHz is determined by the following equation:

$$R_{\max} = \sqrt{\frac{25 \cdot G \cdot P}{\pi \cdot S_{\max}}} \cdot F, \text{ m [2]}$$

Where:

$G$  is the gain, dBi;

$P$  is the maximal input power to the antenna, W;

$F$  is a coefficient taking into account the real conditions of propagation of the electromagnetic wave (reflection and/or absorption) - for the worst case scenario of exposure  $F = 1.6$ .

When the source transmits in two frequency ranges: below and above 1 GHz, the  $R_{\max}$  is determined by the equation [3]. All calculations take the maximum gain for the respective frequency range.

$$R_{\max} = \sqrt{R_{1\max}^2 + R_{2\max}^2}, \text{ m [3]}$$

## 2. Specificity of 5G technology

The characteristics of the new technology require an approach that is not provided by the current methodology. The calculation procedures need to be adjusted taking into account various factors influencing the exposure assessment.

One of the factors is the Massive MIMO technology, which emit a number of narrow beams individually directed to target devices. This feature of Massive MIMO antennae differs from conventional telecommunication technologies. This dynamic focusing of energy in different directions affects the actual exposure due to providing a service to particular users in different geographical locations. Therefore, beamforming involves additional variability in determining the power contributing to the actual exposure. Power variability is due to two factors: traffic variation and time-averaged spatial distribution of transmitted power or EIRP (equivalent isotropic radiated power). (11, 12)

During system operations, the antenna gain, beam direction and transmitted power are varying in time, azimuth and elevation. The time-averaged EIRP depends on deterministic factors ( $P_{\text{TXM}}$ ,  $F_{\text{TDC}}$  and  $G_{\text{MLB}}$ ) and factors ( $F_{\text{PDL}}$  and  $F_G$ ) which can be deterministic for BS using fixed beams or variable in azimuth and elevation for BS using steerable beams such as Massive MIMO.

Осреднената по време EIRP е изчислена по формула [4]:

$$\text{EIRP}(\theta, \varphi) = P_{\text{TXM}} \times F_{\text{TDC}} \times G_{\text{MLB}} \times F_{\text{PDL}}(\theta, \varphi) \times F_G(\theta, \varphi) \quad [4],$$

където

$\theta$  е азимут;

$\varphi$  е вертикален наклон;

$P_{\text{TXM}}$  - максимална излъчена мощност;

$F_{\text{TDC}}$  – коефициент, представляващ технологичния работен цикъл на сигнала;

$G_{\text{MLB}}$  - максималното усилване в главния лист на диаграмата за фиксирана диаграма или за определен лъч в динамичен режим;

$F_{\text{PDL}}(\theta, \varphi)$  - нормализираната предавана мощност;

$F_G(\theta, \varphi)$  – нормализираната променлива част на усилването  $F_G(\theta, \varphi, t)$ , осреднено за интервал от време  $T$ .

$t$  е времето;

$T$  е интервалът от време, използван за осредняване на времето.

Коефициентът на работен цикъл  $F_{\text{TDC}}$  представлява максималното време, използвано за предаване на сигнали за даден период при пълно натоварване на системата. Това зависи както от използваната технология (GSM, UMTS, LTE-TDD, LTE-FDD или NR), така и от прилагането на технологията от оператора (12).

Различните модели антени дават възможност за прилагане на повече от една технология, в зависимост от нуждите на оператора. Поради това възниква необходимост от деклариране от страна на проектанта (оператора) какъв метод за предаване на данните ще се използва във всеки конкретен случай.

За LTE-FDD и NR-FDD приблизителната стойност на  $F_{\text{TDC}}$  е 1.

За LTE-TDD и NR-TDD приблизителната стойност на  $F_{\text{TDC}}$  се определя от формулата

$$F_{\text{TDC}} \approx \text{TDL} / (\text{TDL} + \text{TUL}) \quad [5],$$

където:

TDL е общата продължителност на сигнала, предаван от ППС към потребител;

TUL е общата продължителност на периода от време, използван за предаване от потребител към ППС.

Например при TDD конфигурацията има един период от време (UL – предаването на данни от потребителя към антената) за три периода (DL – предаването на данни и служебна информация от антената към потребителя), което води до коефициент на работен цикъл от 75%. Типичните стойности на  $F_{\text{TDC}}$  са между 0,75 и 0,8. Когато точната стойност не е посочена, приблизителна стойност от 0,75 (т.е.  $3 / (3 + 1)$ ) се получава от уравнение [5] (12). Следователно за редукция на максималната мощност, при отчитане на TDD се използва следната формула:

The time-averaged EIRP is calculated using equation [4]:

$$\text{EIRP}(\theta, \varphi) = P_{\text{TXM}} \times F_{\text{TDC}} \times G_{\text{MLB}} \times F_{\text{PDL}}(\theta, \varphi) \times F_G(\theta, \varphi) \quad [4],$$

where

$\theta$  is the azimuth;

$\varphi$  is the elevation;

$P_{\text{TXM}}$  is the maximum transmitted power in downlink (deterministic factor);

$F_{\text{TDC}}$  is a scaling factor representing the technology duty cycle of the signal (deterministic factor);

$G_{\text{MLB}}$  is the maximum gain in the main lobe for fixed beam or boresight for steerable beams (deterministic factor);

$F_{\text{PDL}}(\theta, \varphi)$  is the normalized downlink transmitted power  $F_{\text{PDL}}(\theta, \varphi, t)$  averaged on the time interval  $T$ ;

$F_G(\theta, \varphi)$  is the normalized variable part of the gain  $F_G(\theta, \varphi, t)$  averaged on the time interval  $T$ ;

$t$  is time;

$T$  is the time interval used for time averaging.

The duty cycle factor  $F_{\text{TDC}}$  is the maximum time used to transmit signals for a given period at full system load. This depends on both the technology used (GSM, UMTS, LTE-TDD, LTE-FDD or NR) and the application of the technology by the operator. (12)

Diverse antennae models allow the application of more than one technology, depending on the needs of the operator. Therefore, the used method of data transmission should be declared by the operator in each case.

For LTE-FDD and NR-FDD, the approximate value of  $F_{\text{TDC}}$  is 1

For LTE-TDD and NR-TDD, the approximate value of  $F_{\text{TDC}}$  is determined by equation [5].

$$F_{\text{TDC}} \approx \text{TDL} / (\text{TDL} + \text{TUL}) \quad [5],$$

where:

TDL is the total duration of the downlink signal per frame;

TUL is the total duration of the time period used for uplink per frame.

For example, in the TDD configuration, there is one time period (UL - transmission of data from the user to the antenna) for three periods (DL - transmission of data and service information from the antenna to the user), which leads to a duty cycle factor of 75%. Typical  $F_{\text{TDC}}$  values are between 0.75 and 0.8. When the exact value is not specified, an approximate value of 0.75 (i.e.  $3 / (3 + 1)$ ) is obtained from equation (5). (12) Therefore, to reduce the maximum power, the following formula is used when taking into account TDD:

$$P_{\text{reduced}} = P_{\text{max}} \cdot F_{\text{TDC}} \quad [6],$$

където:

$F_{\text{TDC}}$  е коефициент, отразяващ спецификата при използването на TDD протокол за пренос на данни.

Факторът за намаляване на мощността се извлича от статистическия анализ на осреднената по време предавана мощност и следователно не включва детерминирани фактори като коефициента на работния цикъл на технологията. Действителната максимална предавана мощност се извлича от максималната предавана мощност (обикновено съответстваща на номиналната максимална предавана мощност, ако няма загуба по фидерната линия).

$$P_{\text{TXAM}} = P_{\text{TXM}} \times F_{\text{TDC}} \times F_{\text{PR}} \quad [7],$$

където  $P_{\text{TXAM}}$  – актуалната максимална мощност, а  $F_{\text{PR}}$  е коефициентът на намаляване на мощността.

Коефициентът на намаляване на мощността се задава от оператора, като при липса на данни този коефициент се счита за равен на 1.

Както пояснихме, антенните елементи на mMIMO антените се използват за пространствено мултиплексиране на потребители, като броят на съвкупностите от подмасиви е строго определен, в зависимост от конфигурацията на елементите на даден модел антена. От максималния брой на едновременно излъчващите лъчи, които всяка антена образува, зависи теоретичното разпределение на общата мощност. Мощността, с която всеки подмасив образува лъчи, е технологично ограничена въз основа на осреднената на общия брой подмасиви мощност.

С други думи, определянето на зона на въздействие на mMIMO антена в TDD конфигурацията е сложно и изисква комплексна оценка.

Отчитайки всички специфики и фактори, които бяха обсъдени, формула [2] придобива следния вид:

$$R_{\text{max5G}} = \sqrt{\frac{25 \cdot G_{\text{ABL}} \cdot P_{\text{max}} \cdot F_{\text{TDC}} \cdot F_{\text{PR}}}{\pi \cdot S_{\text{max}}}} \cdot F, \quad [8].$$

## РЕЗУЛТАТИ ОТ ПИЛОТНО ПРИЛАГАНЕ НА МЕТОДА И ОБСЪЖДАНЕ

Режимът на излъчване на антената предполага редуване на режим, в който антената търси потребител, наречен „broadcast“ и режим, в който антената комуникира с установен клиент – „service“.

Трябва да се обърне внимание, че в зависимост от режима на излъчване на антената (broadcast, service) има различни параметри на формиране на лъча. При режим broadcast, диаграмата на излъчване е по-широка, с цел да обхване максимална площ на възможни потребители, но усиляването е по-малко, поради необходимостта единствено да се предаде служебна информация за възможен клиент.

В случая на излъчване в режим service характеристиките на диаграмата са различни. Тогава широчината на лъча е много тясна, поради обслужването на единичен клиент, а усиляването е по-високо, с цел качествено предаване на исканите данни от потребителя.

$$P_{\text{reduced}} = P_{\text{max}} \cdot F_{\text{TDC}} \quad [6],$$

where:

$F_{\text{TDC}}$  is a coefficient that reflects the specifics of using the TDD protocol for data transmission.

The power reduction factor is derived from the statistical analysis of the time-averaged power transmitted and therefore does not include deterministic factors such as the technology life cycle factor. The actual maximum transmitted power is derived from the maximum transmitted power (usually corresponding to the nominal maximum transmitted power if there is no loss on the feeder line).

$$P_{\text{TXAM}} = P_{\text{TXM}} \times F_{\text{TDC}} \times F_{\text{PR}} \quad [7],$$

where  $P_{\text{TXAM}}$  is the actual maximum power and  $F_{\text{PR}}$  is the power reduction factor.

The power reduction factor is set by the operator, and in the absence of data, this factor is considered equal to 1.

As we have explained, the antenna elements of Massive MIMO antennas are used for spatial multiplexing of users, and the number of the beams is defined, depending on the configuration of the elements of a given antenna model. The theoretical distribution of total power depends on the maximum number of simultaneously emitting beams that each antenna could generate. The power with which each beam is technologically limited is based on the average power of the total number of beams.

In other words, determining the dimension of SZ of a Massive MIMO antenna in a TDD configuration requires a complex assessment.

Taking into account all the specifics and factors that have been discussed, equation [2] is converted as follows:

$$R_{\text{max5G}} = \sqrt{\frac{25 \cdot G_{\text{ABL}} \cdot P_{\text{max}} \cdot F_{\text{TDC}} \cdot F_{\text{PR}}}{\pi \cdot S_{\text{max}}}} \cdot F, \quad [8]$$

## RESULTS OF A PILOT APPLICATION OF THE METHOD AND DISCUSSION

The antenna broadcast mode implies the presence of alternation of a mode in which the antenna searches for a user called „broadcast“ and a mode in which the antenna communicates with an established client – „service“.

It should be noted that depending on the mode of transmission of the antenna (broadcast, service) there are different parameters of beams. In broadcast mode, the antenna pattern is wider to cover the maximum area of potential users, but the gain is less, due to the need only to transmit service information about a potential client.

In the case of service mode, the characteristics of the antenna pattern are different and the beam width is very narrow due to the service of a single client, but the gain is higher, in order to qualitatively transmit the required data to the user.

Направили сме съпоставка между теоретичните изчисления, базирани на стандартите, и симулирано излъчване в идеална среда. Изчисленията са направени на базата номинална мощност, поради липса на реални данни от статистически анализ от мониторинг на мрежата на оператор. В сметките сме заложили FPR коефициент на редукция на мощността да е 1, като сме отчели FTDC с коефициент 0,75.

Примерните изчисления са направени за 5G антена тип AEQE с номинална мощност 200 W, с възможност за 6 броя едновременно излъчващи подмасиви. Номиналната мощност за mMIMO антена е разделена на максималния брой едновременно излъчващи подмасиви за типа антена ( $200/6=33,33$  W), като във формула (8) е включено и усиляване 26,1 dBi на конкретния лъч в режим service.

Следващите фигури представят симулации на електромагнитното поле, излъчено от 5G антена, при разпространение в идеална среда (свободно пространство). Визуализацията на границата на въздействие е направена при поглед отгоре на ниво център антена. На фигура 1 е представена симулация в режим на търсене (broadcast), която да визуализира възможните зони на въздействие в пространството.

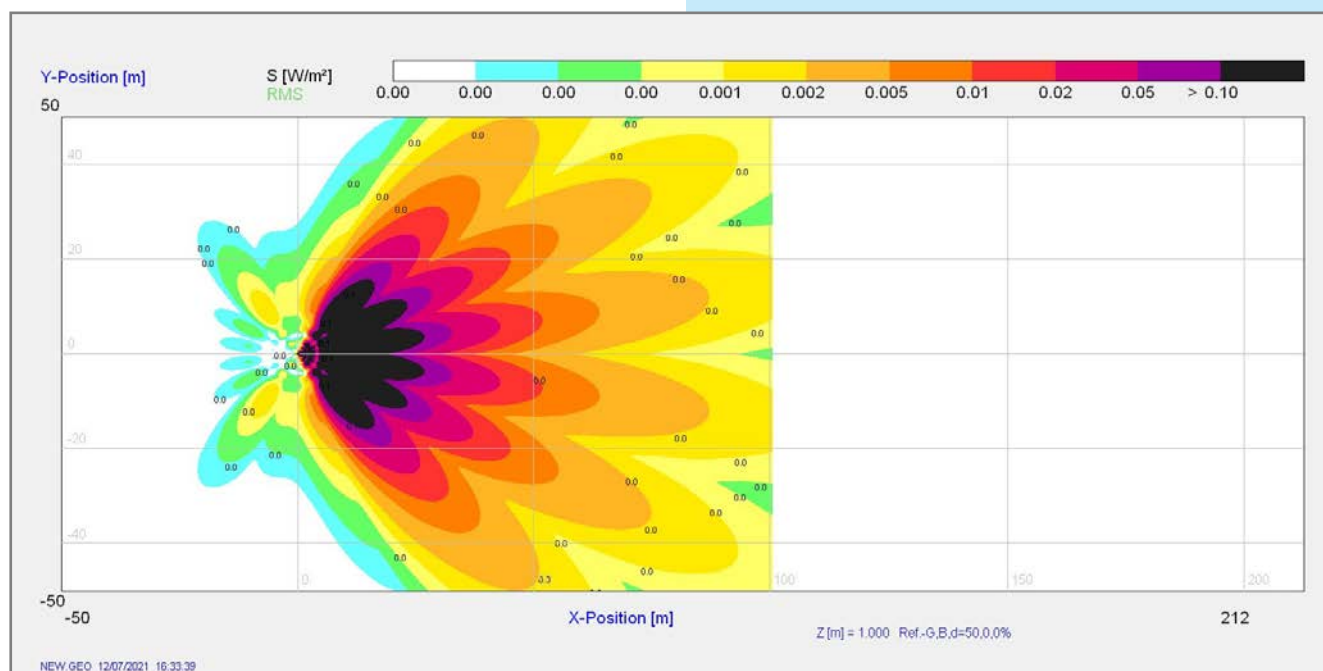
**Фигура 1.** Визуализация на границата на въздействие при поглед отгоре на ниво център антена

We have made a comparison between theoretical calculations based on standards and simulated emitting in an ideal case. The calculations are made based on nominal power, due to the lack of real data from statistical analysis from the monitoring of the operator's network. In the calculations we set FPR power reduction coefficient to be 1, as we reported FTDC with a coefficient 0.75.

The simulation calculations are made for a Massive MIMO antenna type AEQE with a nominal power of 200 W, with the possibility of 6 simultaneously emitting beams. The nominal power for this 5G antenna is divided by its maximum number of simultaneously emitting beams ( $200/6 = 33.33$  W). As in equation [8] the used gain is 26.1 dBi, of the specific beam in "service mode".

The next figures present simulations of the electromagnetic field emitted by a 5G antenna for the ideal case of propagation (free space). Visualization of the safety zone was made at view above the level of antenna center. The figure shows a simulation in "broadcast mode" to visualize possible safety zones in the space.

**Figure 1.** Visualization of the safety zone at view above the level of antenna center.



Визуализация на границата на въздействие при страничен поглед (разрез през центъра на излъчване на антената)

Когато срезът на симулацията е вертикално през центъра на антената, не се наблюдават максималните стойности, поради това че лъчите, които се оформят, са четен брой и реалният максимум не съвпада с физическия азимут на антената (фиг.2).

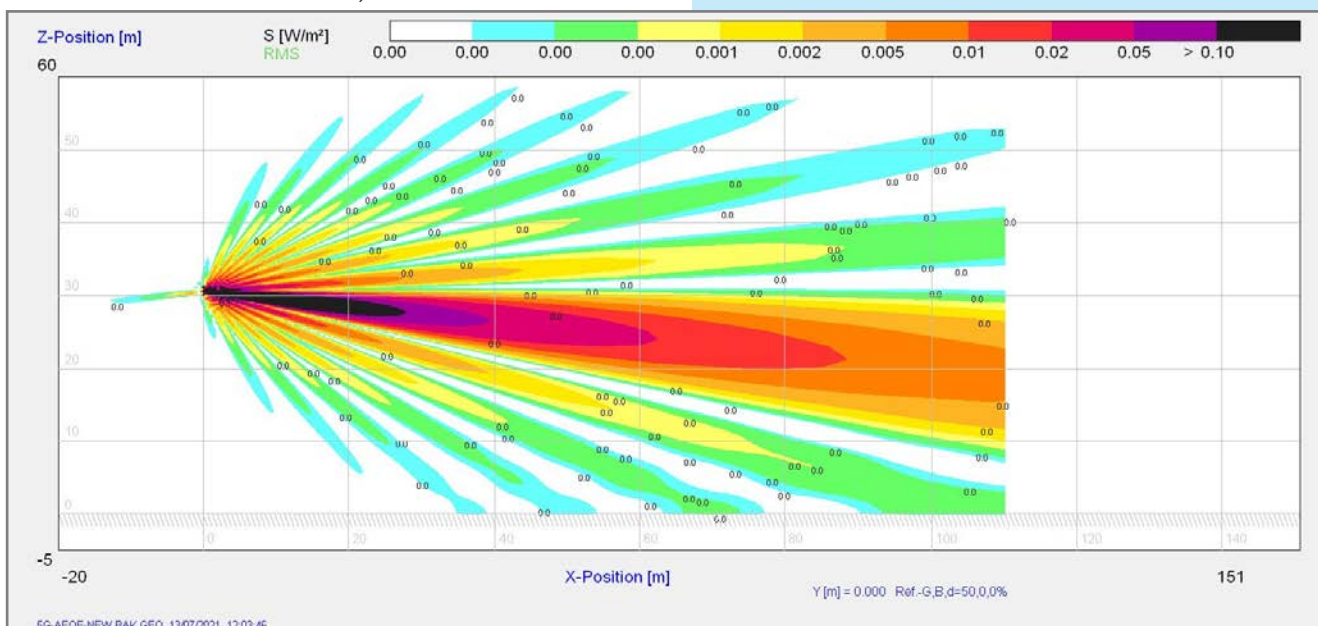
Visualization of the safety zone in side view (through the antenna's radiation center).

When the section of the simulation is vertical through the center of the antenna, the maximum values are not observed, because the beams that are formed are an even number and the real maximum does not coincide with the physical azimuth of the antenna.



**Фигура 2.** Визуализация на границата на въздействие при страничен поглед (разрез през центъра на излъчване на антената)

**Figure 2.** Visualization of the safety zone in side view (through the antenna's radiation center)



Визуализация на границата на въздействие при страничен поглед при режим broadcast/диаграма envelope (разрез встрани на 7 м от антена)

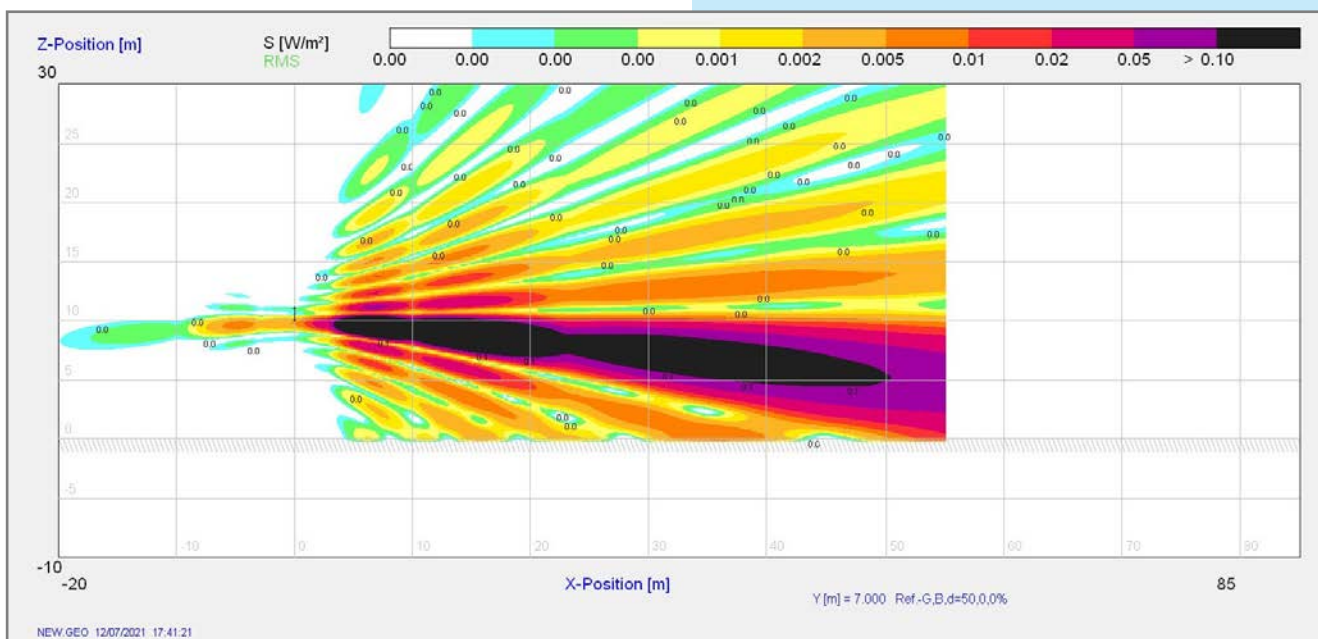
Visualization of the safety zone in side view in broadcast / antenna pattern envelope (section on the side, 7 m from the antenna).

Когато сечението е изместено встрани от центъра, успяваме да установим какви са разстоянията, на които се наблюдават максималните стойности, които един лъч е възможно да генерира (фиг.3).

We are able to determine the distances where the maximum values that a beam can generate are observed when the section is shifted away from the center.

**Фигура 3.** Визуализация на границата на въздействие при страничен поглед при режим broadcast/диаграма envelope (разрез встрани на 7 м от антена)

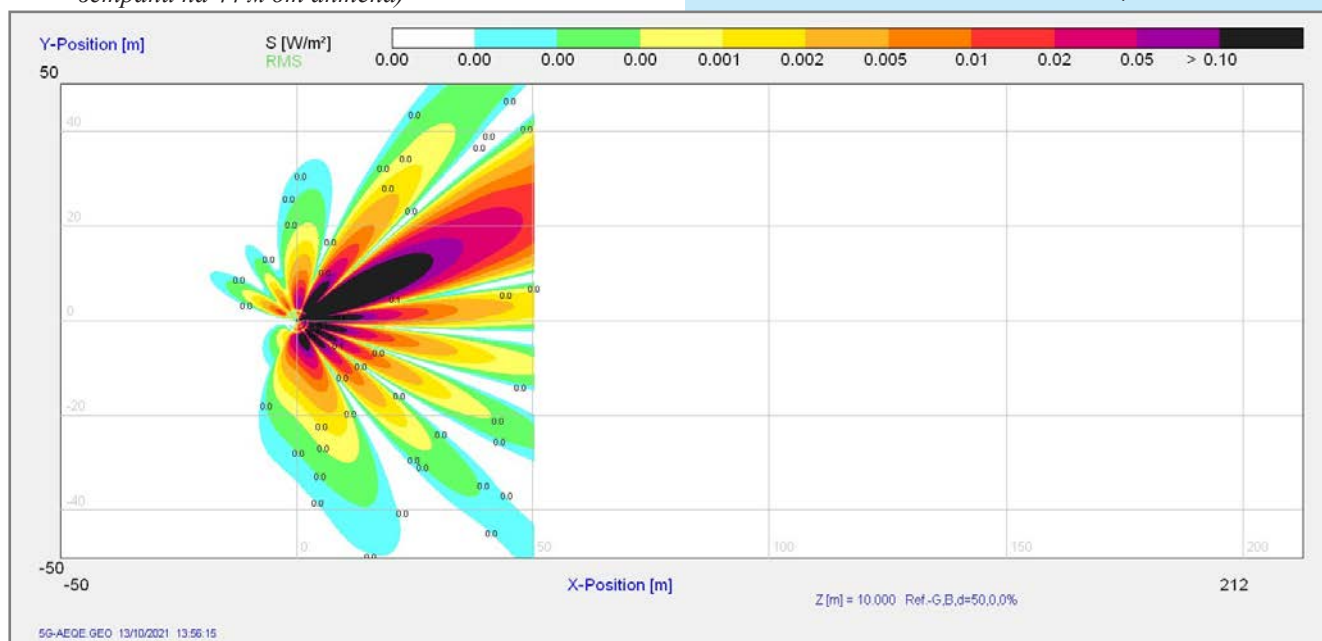
**Figure 3.** Visualization of the safety zone in side view in broadcast / antenna pattern envelope (section on the side, 7 m from the antenna)



Визуализация на границата на въздействие при поглед отгоре на ниво център антена при режим service/диаграма SsbBeam-0106

Visualization of the safety zone when viewed from above at the center antenna level in service mode / antenna pattern SsbBeam-0106.

**Фигура 4.** Визуализация на границата на въздействие при поглед отгоре на ниво център антена при режим service/диаграма SsbBeam-0106 (разрез в страни на 44 м от антена)



**Figure 4.** Visualization of the safety zone when viewed from above at the center antenna level in service mode / antenna pattern SsbBeam-0106 (side section 44 m from the antenna).

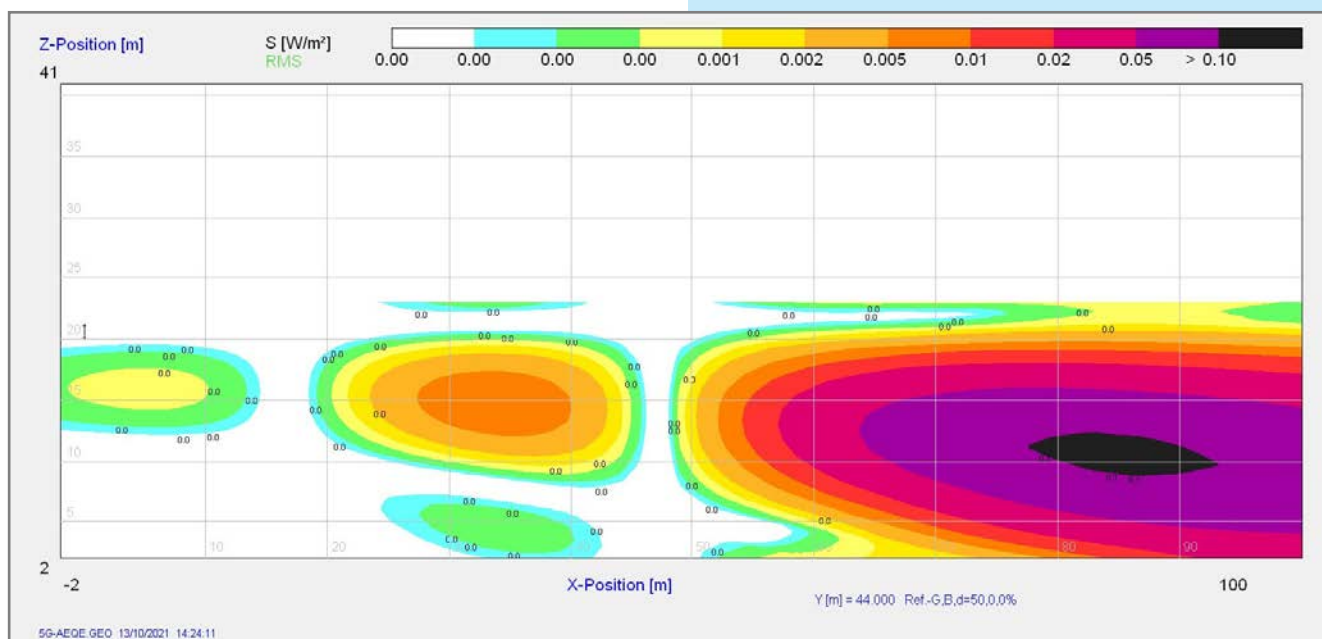
За да може ясно да се види разликата между различните режими на излъчване, направихме симулация и на единичен лъч в режим service. Показаното по-долу изображение доказва теоретичните изчисления, като максималните стойности не надвишават изчислените, а напротив има разлика от около 10%, която потвърждава, че формулата е възможно най-консервативна.

На разстояние 44 m открихме максимума на X33 при симулацията (фиг.5).

To be able to see the difference between the modes of transmission, we did a simulation of a single beam in service mode. The image below proves the theoretical calculations, as the maximum values do not exceed the calculated ones. On the contrary, there is a difference of about 10%, which confirms that the formula is as conservative as possible.

At distance 44 m we found the maximal of the safety zone on the simulation (fig.5).

**Фигура 5.** Визуализация на границата на въздействие при страничен поглед при режим service/диаграма SsbBeam-0106 (разрез в страни на 44 м от антена)



**Figure 5.** Visualization of the side view safety zone in service mode / antenna pattern SsbBeam-0106 (side section 44 m from the antenna).

Опазването на общественото здраве е съществен фактор при навлизане, разширяване и развитие на нови технологии. Контролът при въвеждането на технологията трябва да бъде достатъчно стриктен, така че да създаде условия за безопасното и въвеждане, но в същото време да осигурява адекватна оценка на експозицията, отчитайки всички специфики на тази нова технология.

Въвеждането на новата 5G технология е придружено от проблеми, свързани с оценката на експозицията на електромагнитни полета (EMF) и опасения относно възможността границите на излагане на ЕМП да бъдат превишени. Това е особено вярно за страни като България с по-рестриктивно законодателство от насоките, препоръчани от международни органи като Международната комисия за защита от нейонизиращи лъчения (ICNIRP) и Института на инженерите по електротехника и електроника (IEEE), чрез Международния комитет по електромагнитна безопасност (ICES).

Адаптираната „Методика за изчисляване напрегнатостта и плътността на енергийния поток на електромагнитните полета около излъчващи обекти“ (14) ще направи възможно извършването на оценката на експозицията и ще спомогне за безопасното въвеждане на обектите с наличие на 5G системи в България.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съществен проблем е законодателството на България по отношение на ЕМП, което е по-рестриктивно от Препоръката на ЕК (3) и препоръките на ICNIRP (5), и не отчита предизвикателствата на новите технологии и европейските практики. Във връзка с това е необходима промяна на нормативните изисквания и хармонизирането им съгласно европейските изисквания.

Необходимо е създаване на обща концепция и политика на базата на действащия от 2016 г. План за действие на ЕК „5G за Европа“, която да постави рамка за предстоящите действия по въвеждането на новата технология, необходимите научни изследвания и доказателства, резултати от измервания, както и диалог за информиране на населението.

## КНИГОПИС/ REFERENCES:

1. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), Health Phys., vol. 74, no. 4, pp. 494-522, Apr. 1998.
2. IEEE Standard C95.1-2019, „Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz“ IEEE 2019.
3. 1999/519/EC, Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).

Protecting public health is an essential factor in the entry, expansion and development of new technologies. The control over the introduction of the technology must be strict enough to create conditions for its safe introduction, but at the same time to ensure an adequate assessment of the exposure, taking into account all the specifics of this new technology.

The introduction of the new 5G technology is accompanied by problems related to the assessment of exposure to electromagnetic fields (EMF) and concerns about the possibility of exceeding the limits of exposure to EMF. This is especially true for countries like Bulgaria with more restrictive legislation than guidelines recommended by international bodies such as the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) and the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) through the International Committee on Electromagnetic Safety (ICES).

The adapted „Method for calculating the strength and power flux density of electromagnetic fields around emitting sources operating in the range from 30 kHz to 30 GHz“ (14) will make it possible to perform exposure assessment and will help the safe introduction of base stations with 5G systems.

## CONCLUSION

A significant problem is the legislation of Bulgaria regarding EMF, which is more restrictive than those in Council Recommendation (3) and ICNIRP Guidelines (5) and does not take into account the challenges of new technologies and European practices. This leads to the necessity of changing the national legislation and requirements and to harmonize them with European ones.

A positive result would be the creation of a common concept and policy based on the current EC Action Plan „5G for Europe“, which would set the framework for the forthcoming actions for the introduction of new technology, the necessary research and evidence, results from measurements, as well as the dialogue for informing the general population.

4. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 “On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC”.
5. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). Health Phys 118(5):483-524; 2020

6. Brussels, 14.9.2016 COM(2016) 588 final, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the Regions 5G for Europe: An Action Plan {SWD(2016) 306 final}.
7. Наредба 9 1991 на МЗ и МОСВ, ДВ, бр. 35, с изменение и допълнение в ДВ, бр. 8, 2002 г./ 7. Ordinance No. 9 of 14 March 1991 – Exposure limit values for Electromagnetic Radiation in Residential Areas and for Determining Safety Zones Around Electromagnetic Sources.
8. ITU, "5G New Radio and System Standardization in 3GPP", Ginevre July 2017.
9. T. L. Marzetta, "Massive MIMO: An introduction," Bell Labs Tech. J., vol. 20, pp. 11-22, Mar. 2015.
10. B. Thors et.al, "Time-Averaged realistic Maximum Power Levels for the Assessment of radio Frequency Exposure for 5G radio Base Stations Using Massive MIMO," IEEE Access, vol. 5, pp. 19711-19719, October 2017
11. IEC 62232:2017, Ed. 2 – Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure, August 2017.
12. Case studies supporting IEC 62232 – Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure, IEC TR 62669: 2019. Technical report
13. Radio Spectrum Policy Group, Strategic Roadmap Towards 5G for Europe, "Opinion on spectrum related aspects for next generation wireless systems (5G)", RSPG16-032 Final, Brussels, 09 November 2016.
14. МА, НИХПЗ. Методика за изчисляване напрегнатостта и плътността на енергийния поток на електромагнитните полета около излъчващи обекти, работещи в обхвата от 30 kHz до 30 GHz". Служебен бюлетин на МА и НИХПЗ, 1991, София. /14. Medical Academy and National Institute for Hygiene and Occupational Diseases. Method for calculating the strength and power flux density of electromagnetic fields around emitting sources operating in the range from 30 kHz to 30 GHz, Official Bulletin of Medical Academy and National Institute for Hygiene and Occupational Diseases, 1991, Sofia.

**Адрес за кореспонденция:**

Гл. ас. Цветелина Шаламанова, дм  
Национален център по общественото здраве и анализи  
Бул. Акад. Иван Гешов №15,  
София 1431  
e-mail: ts.shalamanova@gmail.com

**Address for correspondence:**

Ass. Prof. Tsvetelina Shalamanova, PhD  
National Center for Public Health and Analysis  
Bul. Acad. Ivan Geshov №15,  
Sofia 1431  
e-mail: ts.shalamanova@gmail.com



# ВНЕДРЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА „QA-TRACK PLUS” ЗА КОНТРОЛ НА КАЧЕСТВО В ЛЪЧЕТЕРАПИЯТА, СЪГЛАСНО НАЦИОНАЛНОТО ЗАКОНОДАТЕЛСТВО В БЪЛГАРИЯ

Станислав Божиков, Карина Митарова,  
Филипа Василева

Отделение по лъчелечение, УМБАЛ “Св. Иван Рилски”  
ЕАД, София

## РЕЗЮМЕ

**Въведение:** В последните няколко години информационните технологии навлизат все по-настойтелно в сферата на медицинската физика и конкретно в областта на контрола на качеството на радиологичната апаратура. Част от тези технологии са уеб базирани приложения за администриране и контрол на дейности. Едно такова приложение е QATRACKPLUS.

**Цел:** Да се представи приложението QATRACKPLUS и неговите възможности за организиране на дейността по контрол на качеството, съгласно нормативната база в българското законодателство.

**Материал и методи:** Посочени са основните членове по Наредба № 2 на Министерството на здравеопазването за условията и реда на осигуряване на защита на лица при медицинско облъчване, при които може да се използва приложението.

**Резултати:** Представени са модулите на приложението – записване на грешки, сервизни записи, тестове и тяхното описание и статистика, вграден календар и други възможности за ползване.

**Заключение:** QATRACKPLUS, като безплатен софтуер за организиране на дейността по контрол на качеството, отговаря на всички изисквания от Наредба №2 на МЗ. Могат да бъдат съставени различни тестове, освен основните споменати в наредбата.

**Ключови думи:** контрол на качество, наредба, уеб приложение

## ВЪВЕДЕНИЕ

Съгласно документацията, уеб базираният софтуер „QATRACKPLUS“ предоставя възможности за използване в административни и практически области на работа в медицинската физика. В административната част се включва - поддръжка на множество потребителски групи (например администратори, физици, експерти по медицинска физика, асистенти, терапевти и др.) със специфични за потребители и групи привилегии, както и конфигурируема система за удостоверяване на потре-

# IMPLEMENTATION OF QATRACK+ WEB BASED SYSTEM FOR QUALITY CONTROL IN RADIATION THERAPY, IN ACCORDANCE WITH THE NATIONAL LEGISLATION IN BULGARIA

Stanislav Bozhikov, Karina Mitarova,  
Filipa Vasileva

University Hospital “St. Ivan Rilski”, Sofia  
Department of Radiation Therapy

## ABSTRACT

**Introduction:** In the last few years, information technologies have become more and more insistent in the field of medical physics and specifically in the field of quality control of radiological equipment. Some of these technologies are web-based applications for the administration and control of activities. One such application is QATrackPlus (QATrack+).

**Purpose:** To present the QATrack+ application and its possibilities for organizing the quality control activity according to the normative base in the Bulgarian legislation.

**Material and methods:** The main articles of Ordinance № 2 of 5 February 2018 of the Ministry of Health (MoH) on the conditions and procedure for ensuring protection of persons in case of medical radiation, under which the application can be used, are indicated.

**Results:** The modules of the application are presented - error recording, service records, tests and their description and statistics, built-in calendar and other usage options.

**Conclusion:** The web application QATrack+, as a free software for organizing quality control activities, meets all the requirements of Ordinance №2 of the MoH (2). Various tests can be made in addition to the main ones mentioned in the regulation.

**Key words:** quality control, ordinance, web application

## INTRODUCTION

According to the documentation, the web-based software „QATrackPlus“ provides opportunities for use in administrative and practical areas of work in medical physics. The administrative part includes - support for multiple user groups (eg administrators, physicists, medical physics experts, assistants, therapists, etc.) with user- and group-specific privileges, as well as a configurable user authentication system. Regarding the documentation of the current work of medical physicists,

бителя. По отношение на водене на документация по изпълнение на текущата работа на медицинските физици експерти са включени списъци с тестове, възможности за ползване на скриптове за бързо изчисляване на резултати, въвеждане на базови стойности, определяне на нива за действие и т.н. Други предимствата на този софтуер са: дефиниране на собствени правила за повторение на тестове, с възможност за включването им в календарен график (седмичен, месечен, полугодишен или годишен); създаване на сервизни събития, с цел качеството на работата на линейния ускорител и компютърния томограф, както и вградени диаграми с анализи на данни за актуални числени резултати от тестове. Данните се въвеждат лесно и има бърз преглед за интегриране на тестови процедури във формуляри за въвеждане на данни чрез html или връзки към външна документация (3).

По Наредба №2 за условията и реда за осигуряване защита на лицата при медицинско облъчване QATRACKPLUS покрива следните членове: Чл. 32, ал.(4), Чл. 36, ал. (6) и ал.(7) и членове: 38, 40,41 и съответните приложения към нея.

## ЦЕЛ

Да се представи приложението на софтуера QATRACKPLUS за организиране на дейността по измерване на дозиметричните и механичните характеристики на радиологичната апаратура по съответните членове на Наредба №2 на МЗ, както и възможностите му да спестява време и човешки ресурс.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Контролът на качество (QC) е система от рутинни технически дейности за измерване и контрол на параметри на радиологична апаратура. Той осигурява изпълнението на рутинни и последователни проверки, гарантирайки приемственост на измерванията, коректността и пълнотата на данните, както и идентифициране и отстраняване на грешки. Дейностите по контрол на качество (QA) включват тестове за изпълнение, разработени от съответните медицински физици експерти в съответните области. Притежаването на архив е необходимост, която дава възможност по всяко време да бъде достъпна информацията от изминали тестове за преглед и последващ анализ (4).

QATRACKPLUS е уеб базирано приложение, написано на платформа Django, разработено на популярния език за програмиране Python. Основната функционалност на приложението е да бъдат записани, проверени и анализирани набор от данни, използвайки уеб браузер, където приложението QATRACKPLUS е достъпно. Приложението е инсталирано на сървърна платформа UBUNTU или друга сървърна система. Подробна документация може да бъде намерена на официалния сайт на QATRACKPLUS .

Спецификацията на инсталираната версия в отделението е:

Операционна система – UBUNTU server 18.04 LTS

Уеб сървис за хостване - Apache 2.4, Версия QATrackPlus 3.1.

experts include lists of tests, opportunities to use scripts to quickly calculate results, enter baseline values, determine levels of action, etc. Other advantages of this software are: defining your own rules for repeating tests, with the possibility of including them in a calendar schedule (weekly, monthly, semi-annual or annual); creation of service events in order to ensure the quality of operation of the linear accelerator and computed tomography, as well as built-in diagrams with data analysis for current numerical test results. Data is easy to enter and there is a quick overview for integrating test procedures into data entry forms via html or links to external documentation (3).

Following the Ordinance № 2 as of 5 February 2018 of the MoH on the conditions and procedure for ensuring protection of persons in case of medical radiation QATrack+ covers the following articles: Art. 32, para (4), Art. 36, para. (6) and para (7) and Articles: 38, 40, 41 and the respective appendices to it.

## AIM

To present the application of the QATrack+ software for organizing the activity for measuring the dosimetric and mechanical characteristics of the radiological equipment according to the respective articles of Ordinance №2 of the MoH, as well as its possibilities to save time and human resources.

## MATERIAL AND METHODS

Quality control (QC) is a system of routine technical activities for measuring and controlling the parameters of radiological equipment. It ensures the performance of routine and consistent checks, ensuring continuity of measurements, accuracy and completeness of data, as well as identification and elimination of errors. Quality assurance (QA) activities include performance tests developed by relevant medical physicists and experts in the relevant fields. Having an archive is a necessity that allows information from past tests to be reviewed and analyzed at any time (4).

QATrack+ is developed in the popular Python programming language using the Django web framework. The main functionality of the application is to record, verify and analyze a set of data using a web browser where the QATrack+ application is available. The application is installed on a UBUNTU server platform or other server system. Detailed documentation can be found on the official QATrack+ website.

The specification of the installed version in the Radiation therapy department is:

Operating system - Ubuntu Server 18.04 LTS

Web hosting service - Apache HTTP Server Version 2.4

QATrackPlus version 0.3.1.

## МЕТОДИ

По Наредба №2 са заложили следните членове, които ние успяхме успешно да имплементираме в нашето отделение.

**Чл. 32, ал. (4)** За всяка радиологична апаратура се създава досие, което се съхранява в структурното звено на лечебното заведение до бракуването на апаратурата.

**Чл. 36. (1)** Лечебното заведение организира техническа поддръжка и ремонт на използваната радиологична апаратура с периодичност съгласно предписанията на производителя, но не повече от 6 месеца.

**ал. (6)** За всяка дейност по ревизия, ремонт, техническа поддръжка и др. на радиологичната апаратура се изготвя писмен протокол, в който се вписват: датата; описание на извършената дейност; извършени допълнителни тестове; заключение по техническата годност на апаратурата, имена и подпис на лицето, извършило дейността.

**ал. (7)** В случай на подмяна на основни части на апаратурата в протокола по ал. 6 се отбелязват серийните номера на подменената и новата част, а към документацията на апарата се добавят документи с неговите технически характеристики и, ако е приложимо – декларация за съответствие, съгласно Закона за техническите изисквания към продуктите ал. (8). Протоколът по ал.6 и документите по ал.7 са неразделна част от досието по Чл. 32, ал.4.

**Чл.38 (1)** Пусковото изпитване се провежда непосредствено след предварителното приемно изпитване и има за цел:

2. Получаване на базови стойности на физико-техническите параметри от Приложения №6, 7 или 8, необходими за сравняване с резултатите от последващите периодични изпитвания.

3. За пусковото изпитване се изготвя протокол, включващ:

1. наименование и адрес на обекта – лечебно заведение, отделение, кабинет;
2. идентификационни данни за проверяваната апаратура, включително производител и серийни номера на основните компоненти;
3. данни за използваните средства за измерване, включително серийни номера и номерата на сертификата/протоколите от метрологичния контрол на средството за измерване и лабораторията, издала сертификата/протокола;

## METHODS

Ordinance №2 includes the following articles, which we managed to successfully implement in our department.

**Art. 32, para. (4)** A dossier is created for each radiological equipment, which is stored in the structural unit of the medical institution until the equipment is scrapped.

**Art. 36. (1)** The medical institution organizes technical maintenance and repair of the used radiological equipment with periodicity according to the manufacturer's instructions, but not more than 6 months.

**Para. (6)** For each activity of audit, repair, technical maintenance, etc. a written protocol shall be prepared on the radiological equipment, in which shall be entered: the date; description of the performed activity; performed additional tests; conclusion on the technical suitability of the equipment, names and signature of the person who performed the activity.

**Para. (7)** In case of replacement of main parts of the equipment in the protocol under par. 6 the serial numbers of the replaced and the new part shall be noted, and to the documentation of the device shall be added documents with its technical characteristics and, if applicable - declaration of conformity, according to the Law for the technical requirements to the products para. (8). The protocol under para 6 and the documents under para 7 shall be an integral part of the dossier under Art. 32, para 4.

**Art. 38 (1)** The commissioning test shall be carried out immediately after the preliminary acceptance test and shall aim at:

2. Obtaining basic values of the physical and technical parameters from Annexes №6, 7 or 8, necessary for comparison with the results of subsequent periodic tests.

3. A report shall be drawn up for the commissioning test, including:

1. name and address of the site - medical establishment, ward, office;
2. identification data for the inspected equipment, including manufacturer and serial numbers of the main components;
3. data for the used measuring instruments, including serial numbers and numbers of the certificates / protocols from the metrological control of the measuring instrument and the laboratory, which has issued the certificate / protocol;



4. списък на направените измервания с получените резултати, включително условията на измерване;
5. направени констатации за съответствие на техническите параметри на уредбата с техническата спецификация на уредбата и с изискванията на чл. 31 и 32;
6. заключение за възможността за клинично използване на апаратурата и препоръки за оптимизация на режима на работа;
7. дата, място, име и подпис на извършилите изпитването.

**Чл. 40. (1)** По време на клиничната експлоатация на апаратурата се провеждат периодични изпитвания за поддържане на качеството и безопасността на диагностичния и лечебния процес.

- (2) Периодичните изпитвания се провеждат по програмата за контрол на качеството по чл. 37.
- (3) Стойностите на физико-техническите параметри, получени при периодичните изпитвания, се сравняват с базовите стойности от пусковите изпитвания по чл. 38, ал. 1, т.2.
- (4) За всяко периодично изпитване се изготвя протокол, съдържащ информацията по чл. 38, ал. 3 и заключение относно възможността за клинична експлоатация на апаратурата.

**Чл. 41. (1)** Извънпланово изпитване на радиологичната апаратура се провежда след:

1. ремонти и подмяна на елементи на апаратурата, които пряко влияят върху режима на работа или върху радиационната защита;
2. при установени технически неизправности или проблеми при работа с апаратурата;
3. когато апаратурата не е използвана повече от 6 месеца.

(2) Извънплановите изпитвания се провеждат по реда на чл. 38.

**Приложение № 8 към чл. 32, ал. 1, т. 3.** Физико-технически изисквания и програма за контрол на качеството на уредбите за лечение

От създадената програма за осигуряване на качеството в отделението се следва посоката на изпълнение на съответните дейности, показани на фигура 1 и фигура 2.

4. list of the performed measurements with the obtained results, including the conditions of measurement;
5. findings for compliance of the technical parameters of the system with the technical specification of the system and with the requirements of art. 31 and 32;
6. conclusion on the possibility for clinical use of the equipment and recommendations for optimization of the operating mode;
7. date, place, name and signature of the testers.

**Art. 40. (1)** During the clinical operation of the equipment, periodic tests shall be conducted to maintain the quality and safety of the diagnostic and treatment process.

- (2) The periodic tests shall be carried out under the quality control program under Art. 37.
- (3) The values of the physical and technical parameters, obtained during the periodic tests, shall be compared with the basic values from the commissioning tests under art. 38, para. 1, v.2.
- (4) For each periodic test a protocol shall be prepared, containing the information under art. 38, para. 3 and a conclusion regarding the possibility for clinical operation of the equipment.

**Art. 41. (1)** Unscheduled testing of the radiological equipment shall be carried out after:

1. repairs and replacement of elements of the equipment, which directly affect the mode of operation or the radiation protection;
2. in case of established technical malfunctions or problems when working with the equipment;
3. when the equipment has not been used for more than 6 months.

(2) Извънплановите изпитвания се провеждат по реда на чл. 38.

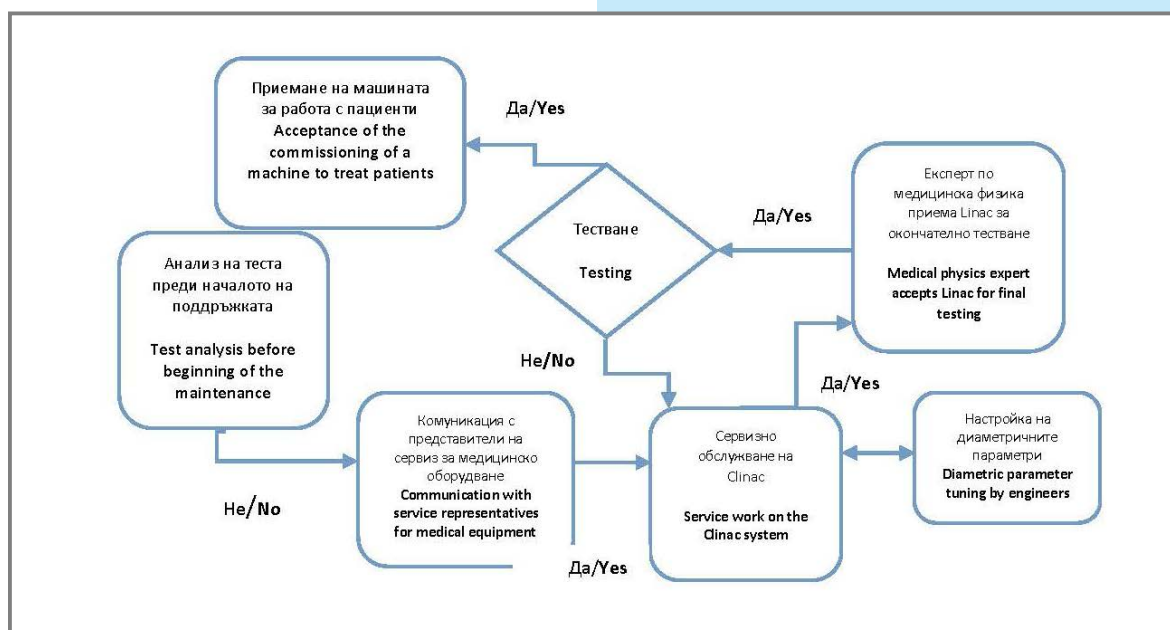
**Appendix № 8 to Art. 32, para. 1, item 3.** Physical and technical requirements and program for quality control of the radiotherapy systems

The direction of implementation of the respective activities shown in Figure 1 and Figure 2 follows from the established program for quality assurance in the department.



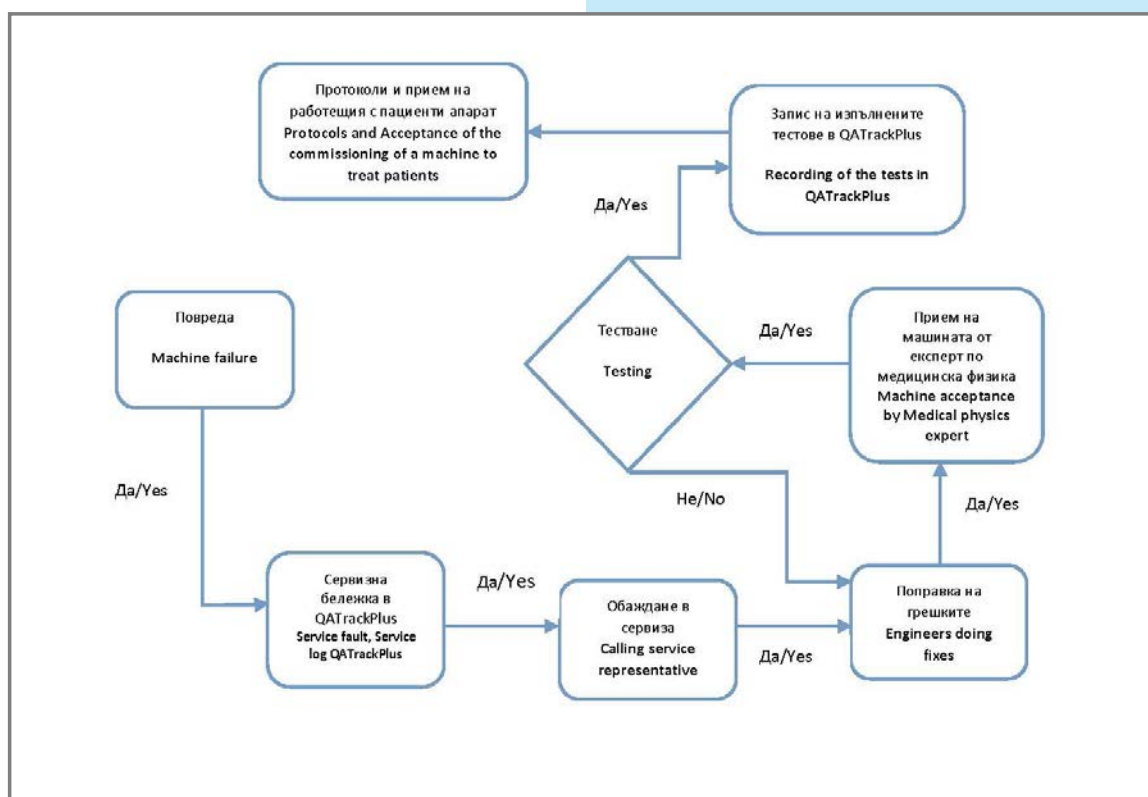
Фиг. 1. Схема за действие при профилактика

Figure 1. Scheme of action in prevention



Фиг. 2. Схема за действие при извънредни спирания

Figure 2. Scheme of action in case of emergency stops



На фиг. 2 виждаме процедурата за действия при извънредни спирания и основните стъпки за изпълнение при извънредна ситуация. Веднага се записва сервизна бележка в QATRACKPLUS, което е показано на фиг. 3, и

In Figure 2 we see the procedure for actions in case of emergency stops and the main steps for implementation in case of emergency. A service note is immediately saved in QATrackPlus, which

се удостоверява проблемът, който е установен. След това се свързваме със сервиза, който обслужва машината. След диагностициране от инженерите и съответно извършен ремонт, се прави проверка и се тества машината. Това също се записва в програмата QATRACKPLUS и се правят необходимите тестове за конкретната повреда. Експертът медицински физик трябва да потвърди в QATRACKPLUS, че са направени всички необходими процедури относно възникналия проблем и да завърши статуса на проверен. По този начин вече е приключена тази сервизна поръчка, но е запазена в базата и може при всяка една подобна ситуация да се спести време за отстраняването и.

На фиг. 1 е представена процедурата за действие по време на периодична профилактика. Извършват се предварителни тестове преди предаване на инженерите, за да има базис на машината преди и след извършената профилактика. Записват се резултатите от основните тестове, които са необходими в QATRACKPLUS, а след предаване на машината от инженерите, резултатите отново се записват. Така има резултати преди и след профилактиката, което носи информативност относно състоянието на машината.

## РЕЗУЛТАТИ

Резултатите са описани в последователност на членовете от наредбата, изпълнението на които се осъществява с помощта на QATRACKPLUS, както следва:

1. По Чл. 32, ал. 4. – Със създаването на тестовете се задава и обект, отговарящ на името на съответната радиологична апаратура, чиито характеристики биват описани – място, дата на инсталация, сериен номер и т.н.
2. По чл. 36 и чл. 38. приложението позволява създаване на подробно описана бележка по отношение на съответната сервизна процедура, извършена от сервизните инженери, както и последващите дейности, извършени от медицинските физици експерти. На фиг. 3 е представена примерна бележка, на която е вписана информация, като по-важната е:
  - 2.1. Местоположение на сервиза;
  - 2.2. Радиологична уредба за сервиз;
  - 2.3. Описание на проблема;
  - 2.4. Предишни подобни проблеми, ако има такива;
  - 2.5. Лицата, участващи при отстраняване на проблема;
  - 2.6. Продължителност на дейността в часове;
  - 2.7. Извършена проверка от медицински физик експерт, удостоверяваща годността на уредбата за експлоатация;
  - 2.8. Съответните дати и часове на извършване на дейностите.

is shown in Figure 3, and certifies the problem that has been identified. Then we contact the service that maintains the machine. After diagnostics by the engineers and respectively performed repairs, the machine is inspected and tested. This is also recorded in the QATrackPlus program and the necessary tests are performed for the specific fault. The medical physicist must confirm in QATrackPlus that all necessary procedures have been performed regarding the problem and complete the status of the inspected. In this way, this service order has already been completed, but it is kept in the database and can save time for its removal in any such situation.

Figure 1 shows the procedure for action during periodic prophylaxis. Preliminary tests are performed before handing over to the engineers in order to have a basis for the machine before and after the maintenance. The results of the basic tests required in QATrackPlus are recorded, and after the machine has been handed over by the engineers, the results are recorded again. Thus, there are results before and after maintenance, which brings information about the condition of the machine.

## RESULTS

The results are described in sequence of the articles of the ordinance, the implementation of which is carried out with the help of QATrackPlus, as follows:

1. Under Art. 32, para. 4. - With the creation of the tests, an object corresponding to the name of the respective radiological equipment is set, the characteristics of which are described - place, date of installation, serial number, etc.
2. Under Art. 36 and Art. 38. the application allows the creation of a detailed note regarding the relevant service procedure performed by the service engineers, as well as the follow-up activities performed by medical medical physicists. In FIG. 3, a sample note is presented, on which information is entered, the most important being:
  - 2.1. Location of the service;
  - 2.2. Radiological service equipment;
  - 2.3. Description of the problem;
  - 2.4. Previous similar problems, if any;
  - 2.5. The people involved in fixing the problem;
  - 2.6. Duration of the activity in hours;
  - 2.7. Carried out by an expert medical physicist, certifying the suitability of the system for operation;
  - 2.8. Relevant dates and times of the activities.

Фиг. 3. Сервизен протокол за съответната сервизна процедура, извършена от сервизните инженери

Figure 3. Service protocol for the relevant service procedure performed by the service engineers

## QATrack+ Reports

Service Event 42 - 23 Aug 2021 03:47

**Report Information ::**  
**Report Type:** Service Event Details  
**Generated:** 11 Nov 2021 02:40:16  
**View on site:** [Service Event 42 - 23 Aug 2021 03:47](#)  
**Report Description:** This report includes details of all Service Events from a giventime period for selected units

**Filter Details ::**  
**Service Date:** 23 Aug 2021 - 23 Aug 2021  
**Site(s):**  
**Unit(s):** Отделение по Лъчелечение - TrueBeam STX  
**Service Type:**  
**Service Area:** Misc.

### Site :: Отделение по Лъчелечение

Service Event #42

| Service Date                                                                                                | Unit         | Service Area | Service Type         | Service Time      | Lost Time | Status   |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|-----------|----------|--|--|--|
| 23 Aug 2021                                                                                                 | TrueBeam STX | Accelerator  | Extensive            | Not Set           | Not Set   | Approved |  |  |  |
| <b>Created By:</b> sb ( <a href="mailto:sunslavi@hotmail.com">sunslavi@hotmail.com</a> )                    |              |              |                      | 23 Aug 2021 03:43 |           |          |  |  |  |
| <b>Last Modified By:</b>                                                                                    |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Problem Description:</b> При пристигане на работна апарата е в не работно състояние BGM Добавено е Масло |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Work Description:</b>                                                                                    |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Safety Precautions:</b> Пациентите се извикват за следващият ден                                         |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Initiated By:</b> No associated QC Session                                                               |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Related Service Events:</b> No associated Service Events                                                 |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Group Members Involved:</b> No linked group members                                                      |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Work Durations:</b> No work durations                                                                    |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |
| <b>Return To Service QC:</b> <a href="#">Постоянност на калибровка</a>                                      |              |              |                      | 30 Aug 2021 00:32 |           |          |  |  |  |
| <b>Return To Service Comments:</b>                                                                          |              |              | 30 Aug 2021 03:30 sb | Смяна На част     |           |          |  |  |  |
| <b>Parts Used:</b> No Parts Used                                                                            |              |              |                      |                   |           |          |  |  |  |

3. По чл. 38., Приложение № 8:

На фиг. 4. са показани всички видове тестове, които изпълняваме. Те са в няколко разделения: дневни, месечни и годишни. Тестовите могат да бъдат групирани в групи или в списъци. (3)

3. Under Art. 38., Annex № 8:

In Figure 4. all types of tests that we perform are shown. They are in several divisions: daily, monthly and annual. The tests can be grouped in groups or in lists. (3)

Фиг. 4. Видове тестове, които се изпълняват (3)

| Test List                            | Due Date    | Last QC Status | Test List                             | Due Date    | Last QC Status | Test List      | Due Date    | Last QC Status |
|--------------------------------------|-------------|----------------|---------------------------------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|
| <b>Daily</b>                         |             |                | <b>Monthly</b>                        |             |                | <b>Monthly</b> |             |                |
| Tape Backup                          | 25 Sep 2021 | 2              | CT-HJ                                 | 27 Oct 2021 | 3              | CBCT MODE      | 25 Oct 2021 | 3              |
| Защити и блокировки                  | 25 Sep 2021 | 6              | Ортогналност на медиастиналният л...  | 27 Oct 2021 | 1              | HJ CBCT        | 25 Oct 2021 | 24             |
| Постоянност на калибровка            | 25 Sep 2021 | 17             | Правила реконструкция на позицит...   | 27 Oct 2021 | 4              | Las Vegas      | 25 Oct 2021 | 3              |
| Проверка на механичния изоцентър     | 25 Sep 2021 | 2              | Правило регистриране на позицион...   | 27 Oct 2021 | 4              | MV Calibration | 25 Oct 2021 | 1              |
| Съпадение на светлинно с лъчево п... | 25 Sep 2021 | 6              | Правило сканиране на посоката на с... | 27 Oct 2021 | 1              | MV MODE        | 25 Oct 2021 | 1              |
| <b>Weekly</b>                        |             |                | Съпадение на дава допълнителни с...   | 27 Oct 2021 | 1              | Tor Tor        | 25 Sep 2021 | 6              |
| DRGS                                 | 25 Sep 2021 | 4              | Съпадение на лазерите на генритро     | 27 Oct 2021 | 1              |                |             |                |
| IRMS REBOOT                          | 25 Sep 2021 | 1              | Съпадение на разстоянието между ...   | 27 Oct 2021 | 3              |                |             |                |
| MLC Speed                            | 25 Sep 2021 | 4              | <b>Annual</b>                         |             |                |                |             |                |
| MLC Speed FFF                        | 25 Sep 2021 | 4              | Проверка на правилното изчисляван...  | 25 Oct 2021 | 3              |                |             |                |
| MPC                                  | 25 Oct 2021 | 1              | Прописване на маса при натоварван...  | 25 Sep 2021 | 1              |                |             |                |
| PF                                   | 25 Sep 2021 | 4              |                                       |             |                |                |             |                |
| PF-FFF                               | 25 Sep 2021 | 4              |                                       |             |                |                |             |                |
| Pick and row Check                   | 24 Sep 2021 | 16             | <b>Радиационна защита</b>             |             |                |                |             |                |
| Picket Fence                         | 25 Sep 2021 | 2              |                                       |             |                |                |             |                |
| Последно облъчване                   | 25 Sep 2021 | 1              |                                       |             |                |                |             |                |
| <b>TowWeekly</b>                     |             |                |                                       |             |                |                |             |                |
| ISO VERIFICATION                     | 26 Oct 2021 | 2              |                                       |             |                |                |             |                |
| Лъчев изоцентър                      | 27 Oct 2021 | 1              |                                       |             |                |                |             |                |
| <b>Monthly</b>                       |             |                |                                       |             |                |                |             |                |
| OSMS-Monthly                         | 27 Oct 2021 | 16             |                                       |             |                |                |             |                |
| Аварийно спиране от аварийните кю... | 26 Oct 2021 | 1              |                                       |             |                |                |             |                |
| Еднозначно съответствие между инд... | 25 Sep 2021 | 10             |                                       |             |                |                |             |                |
| Енергия на лъчевия сноп за спирач... | 24 Sep 2021 | 5              |                                       |             |                |                |             |                |
| Защити и блокировки за движение на   | 27 Oct 2021 | 4              |                                       |             |                |                |             |                |

Фиг. 5. Въвеждане на данни за верификационни измервания – WL test

| Test List      | Due Date    | Last QC Status | Test List      | Due Date    | Last QC Status | Test List      | Due Date    | Last QC Status |
|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|-------------|----------------|
| <b>Monthly</b> |             |                | <b>Monthly</b> |             |                | <b>Monthly</b> |             |                |
| CBCT MODE      | 25 Oct 2021 | 3              | CBCT MODE      | 25 Oct 2021 | 3              | CBCT MODE      | 25 Oct 2021 | 3              |
| HJ CBCT        | 25 Oct 2021 | 24             | HJ CBCT        | 25 Oct 2021 | 24             | HJ CBCT        | 25 Oct 2021 | 24             |
| Las Vegas      | 25 Oct 2021 | 3              | Las Vegas      | 25 Oct 2021 | 3              | Las Vegas      | 25 Oct 2021 | 3              |
| MV Calibration | 25 Oct 2021 | 1              | MV Calibration | 25 Oct 2021 | 1              | MV Calibration | 25 Oct 2021 | 1              |
| MV MODE        | 25 Oct 2021 | 1              | MV MODE        | 25 Oct 2021 | 1              | MV MODE        | 25 Oct 2021 | 1              |
| Tor Tor        | 25 Sep 2021 | 6              | Tor Tor        | 25 Sep 2021 | 6              | Tor Tor        | 25 Sep 2021 | 6              |

Figure 4. Types of tests performed (3)

Figure 5. Data entry for verification measurements - W-L test

На фигура 5 са показани резултати, които записваме при измерване на WL test. Предимство на програмата е, че се добавя референтна стойност, която, ако е по-висока или по-ниска, свети в оранжево или червено, ако не е в критерий на референтна стойност. На таблица 1 са представени разгънати резултати от ежедневна проверка WL test (Winston Lutz test).

Figure 5 shows the results that we record when measuring the WL test. An advantage of the program is that a reference value is added, which, if higher or lower, glows orange or red if it is not in the benchmark criterion. Table 1 presents the detailed results of the daily Winston-Lutz (W-L) test.



Таблица 1. Резултати от ежедневна проверка - WL test

| Изоцентр. диаметър гентри /<br>Isocenter diameter gantry | Референтна стойност /<br>Reference value | Дата / Data       | Изоцентр. диаметър маса /<br>Isocenter diameter mass | Референтна стойност /<br>Reference value |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 0.83                                                     | 1                                        | 11/4/2021 - 13:01 | 0.46                                                 | 1                                        |
| 0.83                                                     | 1                                        | 11/5/2021 - 8:30  | 0.54                                                 | 1                                        |
| 0.81                                                     | 1                                        | 11/8/2021 - 8:17  | 0.68                                                 | 1                                        |
| 0.84                                                     | 1                                        | 11/9/2021 - 8:29  | 0.98                                                 | 1                                        |
| 0.8                                                      | 1                                        | 11/10/2021 - 8:04 | 0.72                                                 | 1                                        |
| 0.84                                                     | 1                                        | 11/11/2021 - 7:57 | 0.93                                                 | 1                                        |

Table 1. Results of daily routine inspection – W-L test

Генерирането на протокол може да се види на фигура 6. Програмата QATRACKPLUS има възможността да генерира графики и таблици, статистика на данните. В протокола се вижда цялата информация относно теста, в случая това са постоянността на дозата (Output) на всички енергии, които използваме (10MV, 8MV, 10FFF, 6MV и 6FFF).

The generation of a protocol can be seen in Figure 6. The QATrackKPlus program has the ability to generate graphs and tables, data statistics. The protocol shows all the information about the test: in this case the dose outputs of all the energies we use (10MV, 8MV, 10FFF, 6MV and 6FFF).

Фиг. 6. Протокол за извършена проверка от мед. физик експерт в лъчелечението (3)

Figure 6. Protocol for an inspection performed by a medical physicist expert in radiotherapy (3)

## QATrack+ Протокол

TrueBeam STX - Постоянност на калибровка - 16 Nov 2021 07:51

**Информация за протокола ::**

Тип протокол: Test List Instance Details

Дата на изготвя... 18 Nov 2021 08:29:24

View on site: [TrueBeam STX - Постоянност на калибровка - 16 Nov 2021 07:51](#)

Описание на пр... Този отчет включва подробности за всички екземпляри от списък с тестове от даден период от време за зададено задание за списък с единични тестове (цикъл).

**Детали на филтъра ::**

Завършено на: 16 Nov 2021 - 16 Nov 2021

Unit / Test List: TrueBeam STX - Постоянност на калибровка

**Информация за списъка от тестове ::**

Уредба: TrueBeam STX

Списък от тест... Постоянност на калибровка

Извършен от: km (karina.mitarova@abv.bg)

Прегледан от: sb @ 17 Nov 2021 12:15

Начало на изпъ... 16 Nov 2021 06:42

Край на изпълн... 16 Nov 2021 07:51

Продължителн... 0d 1h 9m 29s

Последно пром... km @ 16 Nov 2021 07:51

Описание:

| Параметри  | Описание           | Параметри  | Описание           |
|------------|--------------------|------------|--------------------|
| Институция | св.Иван Рилски ЕАД | Институция | св.Иван Рилски ЕАД |
| Измерване  | Абсолютно          | Измерване  | Абсолютно          |
| Уредба     | Varian             | Уредба     | Varian             |
| Модел      | TrueBeam STX       | Модел      | TrueBeam STX       |
| Сериен №   | 2470               | Сериен №   | 2470               |

**Детали на сервизен запис::**

Създадено съб... None

RTS for Events: None

| Тест                                               | Стойност | Референтна | Толеранс                              | Работи/Неработи | Статус   |
|----------------------------------------------------|----------|------------|---------------------------------------|-----------------|----------|
| 10 MV постоянност калибровка                       | ☺ 100.3  | 100        | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| 8MV постоянност калибровка                         | ☺ 100.2  | 100        | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| 10 FFF MV постоянност калибровка                   | ☺ 100.4  | 100        | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| 6MV постоянност калибровка                         | ☺ 100    | 100        | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| 6MV FFF постоянност калибровка                     | ☺ 100.1  | 100        | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| Точност на размера на светлинното поле в изоцентра |          |            |                                       |                 |          |
| X=20                                               | ☺ 20     | 20         | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| Y=20                                               | ☺ 20     | 20         | Percent(-2.00%, -1.00%, 1.00%, 2.00%) | OK              | Approved |
| Симетрия поле 20 x 20 cm                           |          |            |                                       |                 |          |

## ОБСЪЖДАНЕ

Използването на електронен дневник, каквото е представеното приложение QATRACKPLUS, дава възможност за изпълнение на членове от Наредба №2, свързани с контрола на качеството на радиологичната апаратура.

Предимство на приложението е и възможността за бърз анализ на данните от проверките, точността на изпълнението им, периодичността, с която са включени, изпълнявайки програмата за контрол на качеството. Създаване на една обща база данни с резултатите от тестовете, заложи в Наредбата, както и допълнителни такива, може да бъде в полза при сравняване на данни от проверки на радиологичната апаратура между центровете. Това дава възможност за обмен на информация, лесно преглеждане на данни в реално време, както и възможности за усъвършенстване.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Централизирането на всички данни от измервания по контрол на качеството с помощта на приложението QATRACKPLUS дава възможност за въвеждане, анализ и преглед на данни, спестява време, увеличава яснотата по определяне на грешки. Това поражда концепцията за проследяване на осигуряването на качество, която позволява на отговорните лица да наблюдават изпълнението на процесите и е отправна точка при изграждането на цялостна и ефективна система за управление.

## КНИГОПИС / REFERENCES:

1. Beyer GP. Commissioning measurements for photon beam data on three TrueBeam linear accelerators, and comparison with Trilogy and Clinac 2100 linear accelerators. J Appl Clin Med Phys. 2013 Jan 7;14(1):4077. doi: 10.1120/jacmp.v14i1.4077. PMID: 23318395; PMCID: PMC5714054.
2. Наредба № 2 на Министерството на здравеопазването за условията и реда на осигуряване на защита на лица при медицинско облъчване (2018). / Ordinance № 2 of 5 February 2018 of the Ministry of Health on the conditions and procedure for ensuring protection of persons in case of medical radiation
3. www.QATRACKPLUS.com

### Адрес за кореспонденция:

Станислав Божилов  
УМБАЛ "Св. Иван Рилски" ЕАД, София  
Отделение по лъчелечение  
e-mail: bozhikov.stanislaw@gmail.com

## DISCUSSION

The use of an electronic diary, such as the presented QATrackPlus application, enables the implementation of articles of Ordinance №2 related to the quality control of radiological equipment.

An advantage of the application is the ability to quickly analyze the data from the inspections, the accuracy of their implementation, the frequency with which they are included in the implementation of the quality control program. Creating a common database with the results of the tests set out in the Ordinance, as well as additional ones, may be useful when comparing data from inspections of radiological equipment between the centers. This allows for the exchange of information, easy viewing of real-time data, and opportunities for improvement.

## CONCLUSION:

Centralizing all data from quality control measurements with the help of the QATrackPlus application allows for data entry, analysis and review, saves time, increases clarity in determining errors. This gives rise to the concept of quality assurance monitoring, which allows those responsible to monitor the implementation of processes and is a starting point in building a comprehensive and effective management system.

4. 3rd National Congress on Physical Sciences, 29 September – 2 October 2016. Method for quality assurance in determining the coincidence of mechanical and radiation isocenter in stereotactic radiosurgery. Sofia section: Physics of living and soft matter, Physics in medicine (In Bulgarian).
5. Ramaseshan R. and Heydaryan M., Comprehensive quality assurance for stereotactic radiosurgery treatment, Phys. Med. Biol. 2003; n199-n205.
6. Chojnowski J., Gajewski R., An automatic method of the isocentre position verification of micromultileaf collimator based radiosurgery system, Australian Phys Eng. Sci. Med., 2010; 34(1):15-21.

### Address for correspondence:

Stanislav Bozhikov  
University Hospital "St. Ivan Rilski", Sofia  
Department of Radiation Therapy  
e-mail: bozhikov.stanislaw@gmail.com

