



#10 (38), 2018 część 2

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michałak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

#10 (38), 2018 part 2

East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michałak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie
85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo
Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001
Warszawa, Polska**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
**Peter Clarkwood(University College
London)**
Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)
**Alexander Klimek (Polska Akademia
Nauk)**
**Alexander Rogowski (Uniwersytet
Jagielloński)**
Kehan Schreiner(Hebrew University)
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika
Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet
Warszawski)**
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet
Jagielloński)**
**Szymon Matysiak (Polska Akademia
Nauk)**
**Michał Niewiadomski (Instytut
Stosunków Międzynarodowych)**
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-
001 Warsaw, Poland»**

East European Scientific Journal

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Po-
land**

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

Дайнеко И.А., Ханбабаева О.Е.

АНАЛИЗ КОЛОРИСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ И АССОРТИМЕНТА ПАРАДНЫХ ЦВЕТНИКОВ В ПАРКАХ МОСКВЫ 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Баронин С.А., Нгуен Тиен Нам

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЖИЛИЩНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В
СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ НОВОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕНОВАЦИИ 9

Богданова Н.В., Гайдаенко В.Г., Пономаренко В.А., Фурсенко В.В.

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ДОМАШНЕГО КИНОТЕАТРА 14

Доценко Н.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В
МУЛЬТИПРОЕКТНОЙ СРЕДЕ 22

Ермаков В.Ф., Зайцева И.В., Симбирский В.С., Павлов А.В.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МИКРОРАЙОНА ГОРОДА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА 27

Zatsarnyi V.V., Tretyakova L. D.

PROTECTION AGAINST FALLS, STROKES AND OTHER MECHANICAL INJURIES 36

Кенсицкий О.Г., Хвалин Д.И., Выговский А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНЦЕВОЙ ЗОНЕ
СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА 41

Краснослободцева О.В.

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНИХ
ТЕРИТОРІЙ З ПОЗИЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 47

Маргарян Т. Г.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ
СОВРЕМЕННОГО ТРАМВАЯ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК 51

Новгородов Д.В., Шлеенков А.С.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБ С КОРРОЗИОННЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПО
СТАНДАРТУ СТО ГАЗПРОМ 54

Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВАЖКИХ АВАРІЙ НА ЧАЕС
ТА ФУКУСИМА-1 59

Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ВИДЕ ДВОЙНОГО
ЛИНЕЙНОГО МАССИВА 67

Богданова Н.В., Фурсенко В.В., Пономаренко В.А., Гайдаенко В.Г.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И АКСТИЧНОГО РАСЧЕТА СОВРЕМЕННЫХ ДОМАШНИХ
КИНОТЕАТРОВ 73

АРХИТЕКТУРА

УДК 712.4.01:712.253.791(470-25)

Dajneko I. A.

Master of 2 courses

RGAU – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva

Hanbabaeva O. E.

candidate of agricultural Sciences

associate Professor of the Department. landscape architecture

RGAU – MSKHA imeni K.A. Timiryazeva

Дайнеко Ирина Андреевна

магистрант 2 курса

РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

Ханбабаева Ольга Евгеньевна

кандидат сельскохозяйственных наук

доцент кафедры ландшафтной архитектуры

РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

ANALYSIS OF COLOR DESIGN AND RANGE FRONT FLOWER BEDS IN THE PARKS OF MOSCOW.

АНАЛИЗ КОЛОРИСТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ И АССОРТИМЕНТА ПАРАДНЫХ ЦВЕТНИКОВ В ПАРКАХ МОСКВЫ.

Annotation: In this article the characteristic of coloristic registration and the range of flower beds on the example of several city parks of the city of Moscow is carried out. The study identified the most common in parks - geometric, regular shapes of flower beds. For the decoration of the front flower beds use a bright, sustainable, highly decorative annual flower crops - begonia vale of eternal blossoms, petunia and large-flowered, cineraria Maritime, Tagetes rejected and erect, ageratum Mexican (Houston). Basically it is a new generation of hybrids, characterized by a General equalization, resistance to environmental factors, do not lose decorative during the warm season. In the analysis of color combinations of regular ceremonial flower beds in the studied parks method was used Hideaki Chijiwa, in translation Bochkovoj I.YU.

Key words: color design, color theory, color combinations, flower bed decoration, assortment, annual flower cultures, regular flower beds.

Аннотация: В данной статье проведена характеристика колористического оформления и ассортимента цветников на примере нескольких городских парков города Москвы. В результате исследования были выявлены самые распространённые в парках - геометрические, регулярные формы цветников. Для оформления парадных цветников применяют яркие, устойчивые, высоко декоративные однолетние цветочные культуры – бегонию вечноцветущую, петунию многоцветковую и крупноцветковую, цинерарию морскую, тагетес отклоненный и прямостоячий, агератум мексиканский (Хоустона). В основном это гибриды нового поколения, отличающиеся общей выравненностью, устойчивостью к факторам среды, не теряющие декоративность в течение тёплого сезона. При анализе цветовых комбинаций регулярных парадных цветников в исследуемых парках использована методика Хидеяки Чидзиива, в переводе Бочковой И.Ю.

Ключевые слова: колористическое оформление, теория цвета, цветовые сочетания, оформление цветников, ассортимент, однолетние цветочные культуры, регулярные цветники.

Любому жителю города иногда очень хочется отдохнуть от царства бетона и стекла, и побывать на природе. Но не у каждого есть возможность выехать в поле или лес, поэтому многие едут в свободное время гулять в парках. Очень важно грамотно оформить парковые цветники, потому что обычно это самая яркая часть в ландшафте. Сегодня многие люди увлекаются цветоводством, ведь это один из способов украсить мир и сделать его более красивым.

Данная тема актуальна, так как чаще всего именно цветы привлекают в парки людей, которые с удовольствием фотографируются на фоне клумб.

Был проведен анализ колористического оформления парадных регулярных цветников парков Москвы: парка Горького, ВДНХ, Сокольников и Гончаровского парка. Их объединяет: расположение в городской черте, многофункциональность, наличие ярко выраженной парадной зоны, высокая пешеходная нагрузка территории. Процент каждого цвета подсчитан в одни и те же сроки, визуально определена площадь, отведённая под каждый цвет.

Цветник - это мощный ландшафтный приём, с помощью которого выделяют часть территории,

определяют её плюсы, скрывают недостатки и вносят акцент в виде цвета или формы [3]. Под цветником понимают площадь, на которой расположены газоны, дорожки, однолетние и многолетние цветущие и декоративно-лиственные растения, а также малые архитектурные формы [2].

Парк - это озелененная территория, предназначенная для отдыха и включающая элементы природного и антропогенного ландшафта, постройки и оборудование, объединенные в определенную композицию [1].

Пейзаж парка должен напоминать естественную природу при этом допускается усиление какого-либо природного элемента. Ландшафтный дизайнер должен определить, подчеркнуть самое главное, передать зрителю задуманное эмоциональное воздействие пейзажа.

При помощи различных комбинаций форм, окрасок, освещения и других элементов можно создать любой пейзаж и настроить зрителя на определенное поведение [5].

Существует большое разнообразие цветов, они бывают родственные (например, красный и оранжевый) и контрастные (красный и зеленый), тёплые и холодные, яркие (основные) или пастельные (светлые) [4]. На клумбах и цветниках часто используется сочетание контрастных и родственных оттенков цветов.

Методика исследования была выбрана по правильности подбора цветовых комбинаций в регулярных цветниках. Суть методики состоит в том, чтобы найти наиболее интересное сочетание из цветовых комбинаций из двух и более цветов, создать из них гармоничную цветовую гамму. Автор методики Хидеяки Чидзиива - 2003 г.

Для исследования выбрано четыре московских парка, а именно их парадная часть, содержащая регулярные цветники, преимущественно из однолетних культур. Время учёта – июль, середина лета, са-

мый пик декоративности подобных цветочных композиций. Ниже приводится их краткая характеристика.

Площадь Парка Горького – 120 гектаров, из них 15 000 квадратных метров цветников, и для каждого уголка парка создается особое настроение. Преобладают цветники прямоугольных форм, состоящие из одного вида однолетников, например, сальвии сверкающей (*Salvia splendens* Ker-Jawl) с ярко-красными свечковидными соцветиями, которая выигрышно и ярко смотрится в обрамлении зеленого газона. В парке на фоне мощений много бетонных и керамических вазонов с красными и белыми ампельными петуниями (*Petunia hybrida*), в одной цветовой гамме.

Пейзажные клумбы в партерной части парка разбивают регулярную планировку, уравнивая прямоту аллей. Встречаются и модульные регулярные партерные цветники, в которых растения высажены узором, а в центре композиции каркасная зеленая фигура. В цветочном оформлении используются в основном однолетние культуры. Они представлены петунией крупноцветковой и мелкоцветковой, тагетесом отклоненным (*Tagetes patula* L.), агератумом мексиканским (*Ageratum mexicanum* Sims.), алиссумом морским (*Alissum maritime* Lam.), цинерарией серебристой (*Cineraria maritime* L.), бегонией вечноцветущей (*Begonia semperflorens* Link.), колеусом Блюма (*Koleus blumei* Benth.) и другими.

В цветовой палитре соотношение оттенков цветников представлено на рисунке 1, преобладает розовая окраска цветков и соцветий (35%), а меньшее количество оранжевого цвета (5%). В основном, используется контрастное сочетание близкородственных тёплых цветов. Причём контраст построен на противопоставлении двух тёплых, но при этом насыщенных и ненасыщенных (пастельных) цветов. Состояние цветников хорошее, сорняков нет, растения нормально развиты.



Рис. 1 – Гистограмма цветовых цветников парка Горького, июль 2018

Парк ВДНХ (Выставка достижений народного хозяйства) занимает площадь 235,5 га, была со-

здана во время расцвета архитектуры исторического реализма, поэтому огромные парадные пар-

терные цветники и круглые клумбы являются частью той эпохи. Здесь достаточно значительные площади отведены под цветочное оформление, преобладают прямоугольные и квадратные формы. Созданы целые композиции из декоративных кустарников и цветочных культур, вместе с деревьями, которые сверху похожи на огромный зеленый ковер. Вокруг фонтанов разбит газон и по краю партера в бордюрах высажены розы, образуя ленточный цветник. В этом парке наиболее разнообразные и сложные цветники – арабески, по сравнению с остальными. Ассортимент цветников представлен в основном однолетниками: красной и розовой бегонией вечноцветущей, алиссумом морским белой окраски, агератумом мексиканским, кохией венечной (*Kochia scoparia* Schrad.) цинерарией серебри-

стой, тропической теплолюбивой канной индийской, многолетними видами: лилейниками желтым и оранжевым, парковыми и чайно-гибридными розами и лилиями азиатскими и восточными. Часть цветочного оформления представлена газоном и кустарниками. Исходя из гистограммы, представленной на рис. 2, можно сделать вывод, что цветники парка ВДНХ представлены в основном розовым, красным и белым цветом (20-25%), зеленым и желтым – 15 и 10% соответственно, а меньше всего представлен сиреневый цвет (5%). В основном используется контрастное сочетание чистых и ярких противоположных цветов. Состояние цветников отличное, сорняков нет, растения нормально развиты, представлено много разных видов и жизненных форм.



Рис. 2 – Гистограмма цветового решения цветников ВДНХ, июль 2018

В парке «Сокольники» встречаются переносные модульные вазоны из современных материалов прямоугольной формы, где акцентом является желтый тагетес прямостоячий (*Tagetes erecta* L.). Элементами прогулочной зоны являются рабатки с многолетними низкорослыми травами. У забора местами попадаются клумбы – грядки. Также в парке есть каменистые устройства, где с цветочными культурами и вечнозелеными хвойными в композицию входят крупные и мелкие камни. В этом парке все цветники составлены из нескольких видов. Цветники представлены тагетесом отклоненным желтым, ковылем, астрой китайской, петунией (разные виды), бегонией вечноцветущей, агератумом мексиканским. В основном используется родственное и контрастное сочетание цветов.

Состояние цветников удовлетворительное, встречаются единичные сорняки, оголенная земля. Исходя из гистограммы, представленной на рисунке 3, можно сделать вывод, что на клумбах парка «Сокольники» преобладает бордовый (25%) и зеленый цвет (24%), меньше всего сиреневого (6%) и желтого цветов (14%). Это представители пастельных и теплых цветов и как правило, это светолюбивые однолетние культуры. Скорее всего, такая цветовая композиция связана с особенностями условий выращивания. Практически все цветники, включая парадные, находятся в условиях частичного и полного затенения. Соответственно и подбор культур отражает это в цветовой гамме (зелено-бордовая).

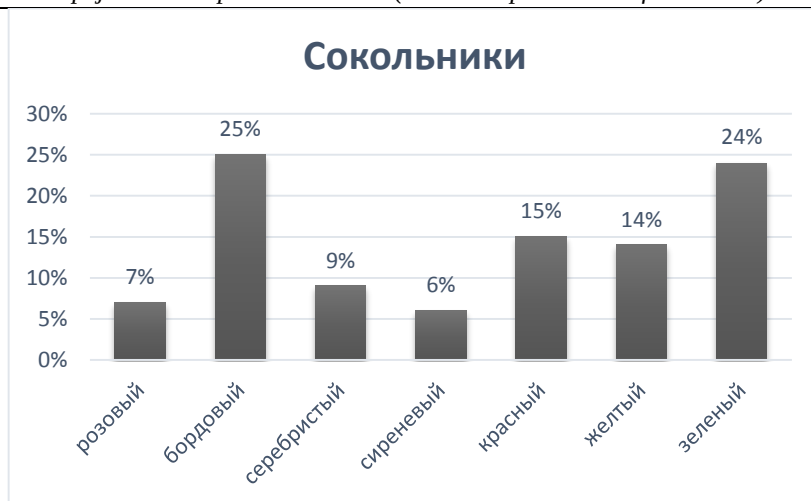


Рис. 3 – Гистограмма цветового решения цветников парка «Сокольники».

Районный парк «Гончарова» находится на улице Руставели, общая площадь 6,2 гектара. Он был заброшен и находился в плачевном состоянии, но с 2013 года его благоустроили и теперь это зеленый уголок отдыха для горожан. Здесь также преобладают формальные цветники и модульные цветники. Бегонию вечноцветущую белого и красного оттенка окантовывает цинерария серебристая с причудливыми резными листьями. В этом парке одностолбчатые растения представлены: красной, белой и

розовой бегонией вечноцветущей, кохией венечной, цинерарией серебристой. В основном используется контрастное сочетание цветов – красного с белым, розового с серебристым. Состояние цветников хорошее, сорняков нет, растения нормально развиты, фрагментов газона в цветниках нет, что отличает данный парк от остальных.

Гистограмма, представленная на рисунке 4, наглядно показывает, что в цветниках Гончаровского парка преобладает красный и розовый цвета (25%), меньше всего сиреневого и зеленого (5%).

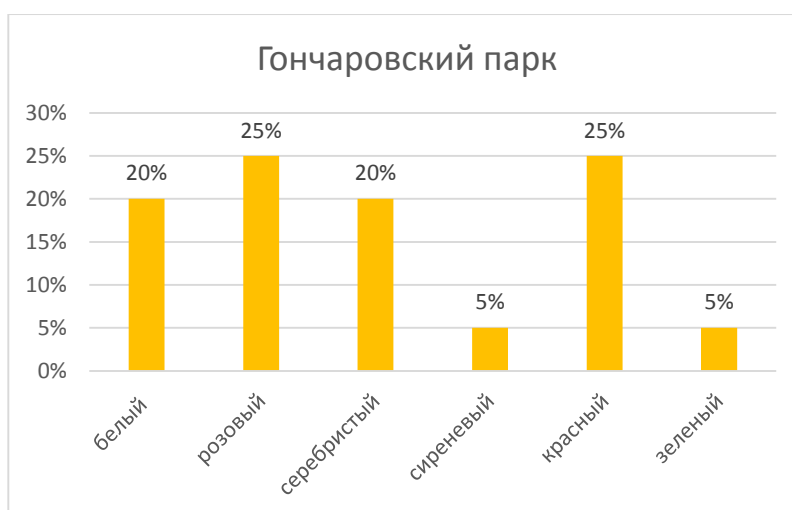


Рис. 4 – Гистограмма цветового решения цветников парка «Гончарова», июль 2018

Цветники являются важным средством декоративного оформления парков. Необходимо правильно ухаживать за ними, поливать, удалять сорняки, подкармливать растения. Цветники парков Москвы устойчивы к местным условиям произрастания, их декоративность высокая.

На рисунке 5 представлена гистограмма сводного сравнения цветового решения в процентном соотношении парадных регулярных цветников исследуемых парков, рассмотренных выше. Как мы

видим, больше всего по всем учетным цветникам представлено розового цвета (23%), красного (19%) и зеленого (16%), так как везде есть много газонов и травы. Слабо представлены в композиции цветников сиреневый (4%), желтый (7%), бордовый (8%) цвета, которые являются контрастными друг относительно друга. Важно отметить, что три преобладающих цвета (красный, розовый, зеленый) являются гармоничными по отношению друг к другу, в соответствии с представленной методикой.

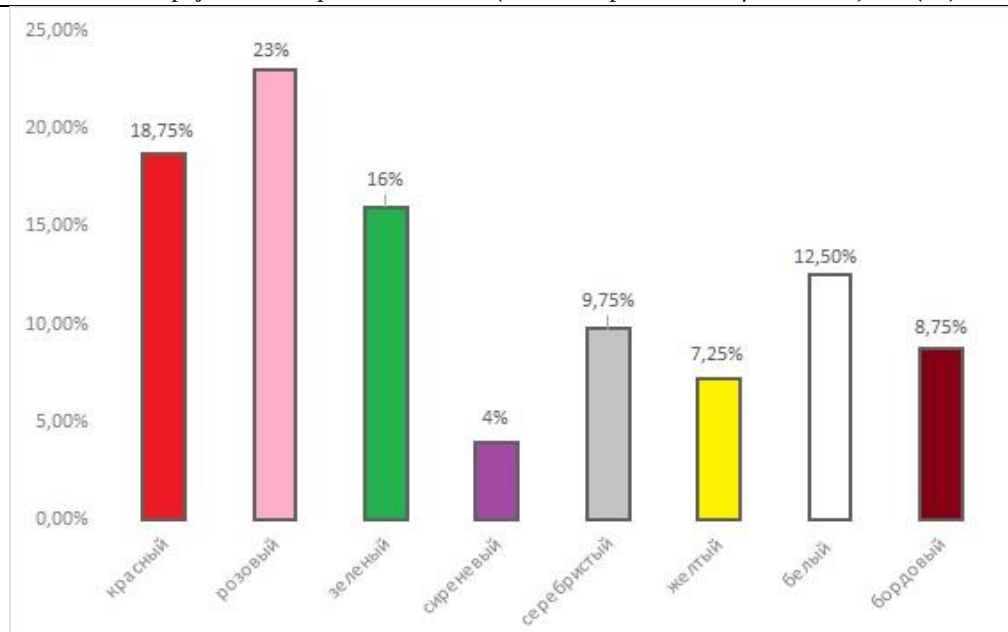


Рис. 5 – Сводная гистограмма сравнения цветового решения цветников парков Москвы.

Исходя из вышесказанного, хотелось бы отметить, что в основном на клумбах и других регулярных цветниках парков Москвы высаживают преимущественно однолетние цветочные растения: цинерария морская сорт «Серебряная пыль» и F1 Silverado; бегония вечноцветущая F1 Bada Boom и F1 Ambassador, тагетес отклонённый F1 Hero, сорт «Глаз тигра», тагетес прямостоячий сорт «Золотой доллар», F1 Aztek, F1 Leim Green. Чаще всего это новейшие гибриды F1, отличающиеся высокой декоративностью, выравненностью, устойчивостью к меняющимся факторам среды. Причём в некоторых композициях, имеет место включение как многолетних травянистых растений, так и декоративных кустарников и хвойных культур, а также инертных материалов – гальки, гравия, валунов, коры.

Почти во всех изученных парках Москвы цветочное оформление – парадные партерные регулярные цветники. Поэтому часть площади занята газоном, который и даёт достаточно весомый процент зелёного цвета (16%) в композициях. Он является хорошим партнёром для двух родственных цветов розового и красного. Все вместе они дают гармоничную цветовую гамму.

Агротехнические мероприятия на исследуемых цветниках проводятся вовремя, поэтому цветники в хорошем состоянии. Сорняки отсутствуют. Все цветники сочетаются с фоном. Технологии выращивания соблюдены. Соответственно такого типа посадки требуют высоко агротехнического фона и довольно трудоёмкого ухода.

Самый разнообразный ассортимент цветочных культур представлен на ВДНХ, меньше всего ассортимент в Сокольниках. Композиции цветовых сочетаний во всех парках гармоничные и используются как контрастные (чаще всего), так и родственные сочетания цветов.

Список литературы.

1. Воронина, О.Н. Ландшафтная архитектура Нижегородских парков [Текст]: монография /О.Н. Воронина. – Нижний Новгород, 2013. – 257 с.
2. Декоративное садоводство [Текст] / И. В. Иванова, Понамарёва Ю. Г., Ханбабаева О. Е. – М.: МЕГА КОМПЛЕКС, 2014. - 394 с.
3. Чидзиива Х. Гармония цвета: Руководство по созданию цветовых композиций [Текст] / Хидеяки Чидзиива пер. с англ. И.Ю. Бочкова. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2003. – 142 с: ил.
4. Омеляненко Е. В. Цветоведение и колористика [Текст]: учеб. пособие / Е. В. Омеляненко. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. – 184 с.
5. Константинова А.А. Характеристика цветочного оформления в городе Архангельск [Текст] / А. А. Константинова, Ю. Н. Ергина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2017. – Вып. 5. Общество с ограниченной ответственностью «Информационно-технический отдел Академии Естествознания». Пенза, 2017 г. – 9 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Baronin S. A.

doctor of economics, professor
of the Department «Examination
and management of real estate»
of the Penza State University
of Architecture and Construction, Russia

Nguyen T. N.

postgraduate student
of the Department «Organization of Construction
and Real Estate Management» Moscow State
University of Civil Engineering
(national science university), Russia

Баронин Сергей Александрович

доктор экономических наук,
профессор кафедры «Экспертиза и управление
недвижимостью»
Пензенского государственного
университета архитектуры и строительства

Нгуен Тиен Нам

аспирант кафедры
«Организация строительства и управления недвижимостью» Московского государственного
строительного университета
(национальный исследовательский университет)

CLASSIFICATION OF THE TYPES OF RESIDENTIAL REAL ESTATE IN THE SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM AND FEATURES OF ITS NEW CONSTRUCTION AND RENOVATION

КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ЖИЛИЩНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВЬЕТНАМ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕНОВАЦИИ

Summary

The article implements the goal of a classification analysis of the types of residential real estate in the Socialist Republic of Vietnam and shows the features of its new construction and renovation.

The main results of the work in the article include: the global trend of the main directions of reproduction of the housing stock in the economically developed countries of Western Europe, which is the priority of reconstruction (modernization) and renovation of existing housing; identified trends in housing growth in Vietnam; features of the modern formation of the housing market of Vietnam; classification of residential real estate in Vietnam; the specificity of the housing market by the Vietnamese in terms of the ability of foreign citizens to acquire ownership of real estate; specific features of the taxation of real estate in Vietnam; the high importance of the need for active development in Vietnam of state programs for the renovation (modernization) of the housing stock on five-story panel houses of mass industrial residential development with considerable physical deterioration, similar to Russia and other countries, is updated.

The article shows the conclusions that prove the importance of scientific and practical research in the field of improving the housing and reconstruction policies of Vietnam based on the identified major global and country trends in the reproduction of housing real estate.

Key words: reconstruction; reproduction; Residential Properties; trends; real estate market; renovation; overhaul; New construction; modernization; housing stock.

Аннотация

В статье реализована цель по классификационному анализу разновидностей жилищной недвижимости в Социалистической Республике Вьетнам и показаны особенности ее нового строительства и реновации.

В качестве основных результатов работы в статье представлены: глобальный тренд основных направлений воспроизводства жилого фонда в экономически развитых странах Западной Европы, который заключается в приоритете реконструкции (модернизации) и реновации существующего жилья; выявлены тенденции увеличения жилья во Вьетнаме; особенности современного формирования жилищного рынка Вьетнама; классификация жилищная недвижимость Вьетнама; специфика жилищного рынка Вьетнама

части возможности иностранными гражданами приобретать право собственности на недвижимость; специфические особенности налогообложения недвижимости Вьетнама; актуализирована высокая значимость необходимости активного развития во Вьетнаме государственных программ реновации (модернизации) жилого фонда по панельным пятиэтажным домам массовой индустриальной жилой застройки со значительным физическим износом, аналогичных России и прочих стран.

В статье показаны выводы, которые доказывают важность научно-практических исследований в области совершенствования жилищной и реконструкционной политики Вьетнама на основе выявленных основных глобальных и страновых тенденций воспроизводства жилищной недвижимости.

Ключевые слова: реконструкция; воспроизводство; жилищная недвижимость; тенденции; рынок недвижимости; реновация; капитальный ремонт; новое строительство; модернизация; жилой фонд.

Введение

Выполненные исследования опыта развития воспроизводства жилого фонда в мировой экономике [9,10] показали, что проблематика непрерывного возобновления жилищного фонда на основе нового строительства и предотвращения его преждевременного износа путем реконструкции, реновации и капитального ремонта, является стратегическим приоритетом государственной жилищной политики России, Вьетнама и прочих развитых стран.

Воспроизводственные процессы жилой недвижимости включают в себя снос ветхих аварийных зданий, проектирование и строительство новых, реконструкцию и модернизацию жилищного фонда, проведение его капитальных и текущих ремонтов, технического обслуживания на всех этапах жизненного цикла объектов недвижимости. В этой связи значительный объем рынка жилья предопределяет важность планирования акцентов государственного регулирования жилищной политики в части выделения приоритета инвестиций между новым строительством и реновации уже существующего жилого фонда.

По итогам международных конференций, симпозиумов, семинаров, проводимых Комитетом европейской экономической комиссии по жилищным вопросам, строительству и градостроительству ООН, установлено, что наиболее общей является тенденция максимального сохранения существующих зданий, объектов недвижимости и районов их комплексной застройки, в том числе как архитектурных и исторических памятников, так и зданий рядовой застройки, возведенных в традиционной манере и являющихся важными элементами городской среды и национальной культуры.

С точки зрения приоритета инвестирования в государственной жилищной политике можно рассматривать две основные модели воспроизводства жилого фонда: модель с акцентом на новое строительство и модель с акцентом на капитальный ремонт. Для экономически развитых стран доминирующее положение занимает модель с акцентом на реконструкцию и модернизацию жилого фонда.

Заслуживает внимания опыт реконструкции жилого фонда СССР, когда весьма успешно осуществлялась реконструкционная жилищная политика и разрабатывалась соответствующая правовая база ведомственных норм типа ВСН [8]. В постсо-

ветский период интересен опыт Республики Казахстан [6]. Но особенно эффективна современная модель реновации жилого фонда в г. Москве [7].

Весьма интересен вектор развития жилищной политики Вьетнама в области реконструкции, модернизации и реновации, основанный на международной экономической концепции планирования и минимизации стоимости владения (*total cost of ownership, TCO*) применительно к объектам недвижимости [12,13].

1. Развитие строительства во Вьетнаме

Обзор статистики [1], а также публикаций по теме исследования ряда авторов [2,3,5,11], показывает уверенное развитие экономики Вьетнама, которая является одной из самых быстро развивающихся экономик Юго-Восточной Азии. Увеличение процессов урбанизации с 2000 года, способствовало росту инвестиций в жилищную недвижимость по различным ее сегментам и привело к строительству многоэтажного жилья, в том числе к реализации крупных инвестиционных проектов и программ жилищной застройки с притрительством многоэтажного высотного строительства.

В своем стремлении к позициям лидера среди стран юго-восточной азии, Вьетнам ставит перед собой цель до 2020 года достичь показателя обеспеченности населения жилой площадью на уровне 25 кв.м. на человека (29 кв.м. на человека в городских поселениях, 22 кв.м. на человека в сельской местности) при общей численности населения около 100 миллионов, а общий жилфонд в стране достигнет 2000 млн. м². При этом в 2009 г. средняя обеспеченность жилой площадью населения составляла всего 16,7 кв.м. на человека, 19,2 кв.м. на человека в городских поселениях, 15,7 кв.м. на человека в сельской местности [1].

Демонстрацией успеха реализации крупных инвестиционных проектов могут служить построенные комплексы недвижимости: Daewoo отель (17 этажей), Hanoi Tower (24 этажа), Vincom City комплекс (21 этаж), Vietcombank Tower (22 этажа), комплекс высотных жилых зданий компании Vinacorex в районе Каужай (17 этажей и 34 этажа), здание Petro Vietnam на улице Ланг Ха (19 этажей) в Ханое; в городе Хошимин – торговый центр Saigon Trade Center (33 этажа), Petro Vietnam Tower (21 этаж). Указанные проекты эффективно эксплуатируются в настоящее время.

В Ханое имеется ряд мультиэтажных комплексов, среди которых следует назвать: Hanoi City

Complex – инвестиция корпорации Coralis SA из Люксембурга (находится в углу улиц Лиену Жай – Дао Тан района Ба Динь; комплекс имеет 65 этажей, высота 195 м, общая площадь 11 557 м², общий инвестиционный капитал около 114 600 000 долл. США); комплекс апартаментов – отеля офисов Keangnam Hanoi Landmark Tower (строительство началось в 2007 году и будет завершено в 2010 году; в комплексе имеются одна

70-ти этажная и две 48-х этажные башни, максимальная высота 336 м, общая площадь 578 957 м² и общий инвестиционный капитал около 1,05 млрд. долл. США); проект Posco Vinatex в районе Ан Хань города Ханой с 75 этажами ХАБИКО – башня на улице Фам Ван Донг района Ты Лиен – Ханой (имеет 36 этажей, общая площадь 120 200 м², общий инвестиционный капитал 220 млн. долл. США). В городе Хо Ши Мин внимания заслуживают такие проекты как: Хынг Дьен (81 этаж); финансовая башня – инвестор компания ВІТЕХСО (68 этажей, 7 подвалов, высота 300 м, общая площадь 579 000 м², инвестиционный капитал -120 млн. долл. США); Центр Финансов Вьетнама – инвестиции корпорации Berjaya из Малайзии -представляет собой комплекс из пяти 48-этажных блоков и одного 30-ти этажного блока, общий инвестиционный капитал 930 млн. долл. США).

Анализ статистических данных Вьетнама показывает [1,3], что площадь строительства введенных жилых квартир в кондоминиумах имела максимум в 2011 году в 4,219 млн.кв.м. при общем количестве квартир 21 735, а затем уменьшилась до 1,844 млн.м.кв. и 7 643 квартир в 2012 г. В дальнейшем наблюдается постоянная тенденция роста площадей со средним значением в 0,121 млн. м.кв. и около 2,5 тыс.квартир в год. Однако, большинство вышеуказанных квартир, преимущественно расположенных в крупных центрах - Ханое, Хошимине, Дананге и пр.

2. Классификация разновидностей жилищной недвижимости согласно Жилищного Кодекса Социалистической Республики Вьетнам

Специфической особенностью современного жилищного рынка Вьетнама является вступление с 1 июля 2015 года в силу нового Жилищного кодекса [4]. Практически все иностранные граждане, не имеющие дипломатического статуса, получили право приобретать жилую недвижимость во Вьетнаме в собственность, что способствовало притоку инвестиций и активизации строительного рынка.

В соответствии с Жилищным кодексом Вьетнама существует 2 типа объектов жилой недвижимости с точки зрения отношения к земле: *квартиры; дома на отдельном участке земли* (виллы в коттеджных поселках, таунхаусы, отдельно стоящие дома и т.д.).

Также выделяется несколько типов жилой недвижимости в зависимости от применяемых механизмов их реализации:

коммерческое жилье (по-вьетнамски: nhà ở thương mại) – любое жилье, построенное с целью

реализации или сдачи в аренду на основе рыночных механизмов;

социальное жилье (по-вьетнамски: nhà ở xã hội) – любое жилье предоставленное организациям, пользующимся политикой в области жилищной поддержки, осуществляемой государством в рамках Жилищного кодекса;

официальные резиденции (по-вьетнамски: nhà ở công vụ) – жилье, которым владеет государство, предназначенное для размещения официальных лиц, чиновников и других государственных служащих или работников бюджетной сферы;

жилье, используемое для переселения (по-вьетнамски: nhà ở để phục vụ tái định cư), – любое жилье, предназначенное для домашних хозяйств или физических лиц, которых переселяет государство в результате изъятия принадлежащей им земли;

индивидуальное жилое строение (по-вьетнамски: nhà ở của hộ gia đình, cá nhân) – жилье, построенное в индивидуальном порядке с целью проживания.

Особенностью вьетнамского жилищного рынка является возможность покупки жилищной недвижимости иностранными гражданами только напрямую у девелопера. Оформление права собственности для иностранного гражданина возможно исключительно на недвижимость в проектах коммерческого жилья, которыми могут являться многоквартирные дома и коттеджные поселки. Иностранец может оформить право собственности на свою недвижимость сроком на 50 лет с возможностью продления еще на 50 лет.

На рынке есть ещё один тип предложения:

Туристические/гостиничные квартиры (по-вьетнамски – căn hộ du lịch/khách sạn). В курортных городах Вьетнама часто встречаются предложения о покупке номеров / квартир внутри гостиничных комплексов. Такие сделки абсолютно легальны, но в связи с тем, что эти проекты как правило реализуются на земле, не предназначенной для жилого строительства, на них не распространяются правила, указанные в Жилищном кодексе. В таких объектах ни иностранец, ни гражданин Вьетнама не могут претендовать на получение права собственности, фактической формой владения объектом является долгосрочная аренда, срок которой ограничен сроком аренды земли на которой этот объект возведен (обычно – 50 лет).

3. Налогообложение недвижимости во Вьетнаме на первичном и вторичном рынке, затраты владения и отчуждения

Анализ жилищного рынка Вьетнама указывает и на наличие следующих особенностей налогообложения недвижимости:

1. *При покупке первичной недвижимости* : взнос в фонд капитального ремонта (Sinking Fund) – 2%. Часто входит в стоимость объекта недвижимости; НДС (VAT) – 10% – всегда включен в стоимость объекта; сбор за оформление права собственности – 0,5% от стоимости недвижимости по договору.

2. *При покупке вторичной недвижимости:* нотариальные услуги – обычно порядка 50-100 долларов США. Сбор за оформление права собственности – 0,5% от стоимости недвижимости по договору.

3. *Налоги, связанные с владением недвижимостью во Вьетнаме:* налог на недвижимость во Вьетнаме отсутствует; налог на доход от аренды для физических лиц – 10%.

4. *Налоги при отчуждении недвижимости во Вьетнаме:* 2% от стоимости объекта, зафиксированной в нотариально заверенном договоре купли-продажи; Налог на наследство и дарение – 10% от рыночной стоимости недвижимости.

4. Проблематика реновации жилья

Важнейшим сегментом строительного рынка Вьетнама является сегмент реновация жилья. Проблематика реновации многоэтажных жилых домов (пятиэтажек) также весьма актуальна и для Вьетнама, поскольку такой жилой фонд по статистике министерства строительства по состоянию на 2017 год составляет более 2500 жилых домов, построенных до 1994-ого года или более 100 тыс. квартир с общей площадью более 3 млн. кв.м.

Большинство такого жилого фонда, построенного по индустриальным моделям массового жилищного строительства СССР и расположены в больших городах: в Ханое (более 1500 квартир), в Хошимине (более 500 квартир), в Хайфоне (205 квартир). После многих лет использования, кондоминиумы построенные в 1960-1985 период во многих отношениях пришли в негодность и сильно ухудшились из-за отсутствия правильного технического обслуживания и ремонта.

Из-за отсутствия жилищного надзора и эффективного управления происходило расширение площадей квартир. Это повлияло на негативное изменение ландшафтной архитектуры, на увеличение нагрузок на конструкции и их перегрузок, что в конечном итоге привело в отдельных случаях к аварийной работе конструкций и переходу зданий в статус ветхий и аварийных.

Значительный физический износ этого жилого фонда предопределяет необходимость активного развития во Вьетнаме государственных программ реновации жилого фонда, аналогичных России и прочих развитых стран.

К специфическим особенностям реализации инвестиционных программ капитального ремонта посредством утепления фасадов во Вьетнаме относится использование критерия снижения эксплуатационных затрат на кондиционирование помещений. Так например, для этих целей используется пенополистирол, который пользуется большим спросом не только в странах с холодными зимами, но и там, где практически круглый год тепло.

Например, в Турции практически 100% домов, построенных после 2010 года, утеплены пенополистиролом. Такие технологии работы с фасадами также распространены и в Саудовской Аравии.

Применение при обшивке фасадов и крыш пенополистиролом или прочими теплоизоляционными материалами, сокращает затраты на кондиционирование помещения почти втрое.

Выводы

- Исследованиями установлено, что глобальным трендом воспроизводства жилого фонда в экономически развитых странах Западной Европы заключается в приоритетном переходе от нового строительства к реконструкции (модернизации) и реновации существующего жилья, что также актуально для жилищной политики Вьетнама.

- Определено наличие тенденций увеличения строительства количества жилых квартир и общей площади жилья в кондоминиумах Вьетнама с 2011 года со средним темпом роста в 0,121 млн. кв.м. и около 2,5 тыс. квартир в год. При этом, большинство вышеуказанных квартир, преимущественно расположенных в крупных центрах - Ханое, Хошимине, Дананге и пр.

- Установлена современная специфика формирования жилищного рынка Социалистической Республики Вьетнам, которая определяется действием Жилищного кодекса, который вступил в действие с 1 июля 2015 года. В кодексе определены 2 основных типа жилищной недвижимости Вьетнама: квартиры; дома на отдельном участке земли (виллы в коттеджных поселках, таунхаусы, отдельно стоящие дома и т.д.). Также выделяется в зависимости от применяемых механизмов реализации проектов: коммерческое жилье; социальное жилье; официальные резиденции; жилье, используемое для переселения; индивидуальное жилое строение.

- Продемонстрирована особенность жилищного рынка Вьетнама в части возможности иностранными гражданами приобретать право собственности на недвижимость только напрямую у девелопера сроком на 50 лет с возможностью продления еще на 50 лет по отдельным сегментам рынка.

- Представлены особенности налогообложения недвижимости Вьетнама на первичном и вторичном рынке недвижимости, проанализированы затраты владения недвижимостью для собственников и ее отчуждения.

- Осуществлено обоснование значительной актуальности активного развития во Вьетнаме государственных программ реновации (модернизации) жилого фонда по панельным пятиэтажным домам массовой индустриальной жилой застройки с большим физическим износом, аналогичных России и прочих развитых стран.

Библиографический список:

1. Главное статистическое управление Правительства Социалистической Республики Вьетнам - <https://gso.gov.vn/default.aspx?tabid=716>.
2. Динь Сон Хунг (заместитель руководителя Института экономики города Хошимина).

Вьетнам: 30 лет строительства – разработка и интеграция [Электронный ресурс] / Др. Динь Сон Хунг // Экономика Вьетнама. – 2008. – № 28. – Режим доступа к журналу: www.vpn.vn.

3. Доан Зыонг Хай. Особенности жилищного строительства во Вьетнаме и перспективы его развития. Международный научно-технический журнал «Недвижимость: экономика, управление», №4, 2016, С.69-73.

4. Жилищный кодекс Социалистической Республики Вьетнам. 2014 г. (Luật Nhà ở 2014 số 65/2014/QH13).

5. Леженина Т.В. Новые ориентиры стратегического партнерства России с Вьетнамом. Научное обозрение. Серия 1: Экономика и право. 2016. № 3. С. 62-65.

6. Организация и проведение реконструкции, ремонта и технического обслуживания жилых зданий и объектов коммунального и социально-культурного назначения. СН РК 1.04-03-2001. Республики Казахстан. 2001.

7. Постановление Правительства Москвы № 497-ПП «О Программе реновации жилищного фонда в городе Москве» от 1 августа 2017 г.

8. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. ВСН 58-88(Р). М., 1990.

9. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города./ Грабовой П.Г. , Харитонов В.А. М.: АСВ, 2006. — 624 с.

10. Сервейинг: организация, экспертиза, управление. Части 1-3: учебник/под общ. ред. проф. П.Г. Грабового – Москва: Издательство «АСВ», ИИА «Просветитель», 2015. – 552 с.

11. Чан ХыуТхонг. Реальность и тенденция развития высотных жилых домов во Вьетнаме к 2020 году. Экономика строительства и городского хозяйства. Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Том 6, №2, 2010, С 101-108.

12. Baronin S.A, Kulakov K.Y. Methods of modeling TCO residential real estate in the life cycles of buildings as a promising energy efficiency management tool. MATEC Web of Conferences 106, 06022 (2017) SPbWOSCE-2016.

13. Developing affordable and energy efficient housing in Russia based on real estate total cost of ownership management / S.A. Baronin, K.Y. Kulakov// Journal of Advanced Research in Law and Economics.- 2015.- Volume VI, Issue 2(12), Summer 2015. С.291-298.

14. NF EN 1990, Mars 2003: Eurocodes structuraux. Bases de calcul de structures.

15. QCVN 03-2012 “Государственный стандарт по классификации гражданских, промышленных сооружений”.

Bogdanova.N.V.

*Philosophiae doctor, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Haidaienko.V.G.

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Ponomarenko.V.A.

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Funsenko.V.V

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Богданова Наталия Владимировна

*Кандидат технических наук,
доцент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Гайдаенко Владислав Геннадьевич

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Пономаренко Владислав Александрович

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Фурсенко Владислав Витальевич

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND CALCULATION OF PREMISES FOR A HOME CINEMA

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ И РАСЧЕТ ПОМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ДОМАШНЕГО КИНТЕАТРА

Summary: This article analyzes the basic principles of soundproofing of premises, namely: underfloor overlapping's, soundproofing of walls, window blocks and doors. This was considered in order to show how you can calculate and design the selected room for home theater. As a result of the selection of the necessary materials, the room became suitable for use in the form of a home theater.

Key words: *sound-proofing coatings and materials, frequency characteristics of airborne sound insulation, absorption background, acoustic treatment of a room, reverberation time.*

Аннотация: В данной статье проанализированы основные принципы звукоизоляции помещений, а именно: межэтажные перекрытия, звукоизоляция стен, оконных блоков и дверей. Это было рассмотрено для того, чтобы показать как можно рассчитать и спроектировать выбранное помещение под домашний кинотеатр. В результате подбора нужных материалов помещение стало пригодным для такого использования.

Ключевые слова: *звукоизоляционные покрытия и материалы, частотные характеристики изоляции воздушного шума, фон поглощения, акустическая обработка помещения, время реверберации.*

Актуальность темы исследования. Проблемы акустики больших закрытых помещений, связанные с определением условий хорошей слышимости, принадлежат к числу задач, поставленных ещё во времена классической древности. Первые успехи архитектурной акустики датируются только началом текущего столетия, когда Уоллес Сэбин, экспериментально установил один из важ-

нейших факторов, определяющих акустическое качество аудиторий. Когда в закрытой аудитории звучит речь, то каждый её слог, представляющий собой короткий звуковой импульс, доходит до слушателя не только по прямой линии, но и по путям, многократно изломанным благодаря отражениям звука от стен, потолка и пола помещения. При каждом отражении импульса от ограничивающих помещение поверхностей некоторая часть звуковой

энергии поглощается, поэтому при каждом произнесённом слоге ухо слушателя воспринимает последовательный ряд импульсов с постепенно убывающей интенсивностью [1]. Интервалы времени, отделяющие друг от друга, достаточно малы по сравнению с длительностью импульса, в связи с чем такое явление не носит характера эхо, не различая отдельных членов серии затихающих импульсов. Слушатель воспринимает каждый новый слог речи на слитном фоне ряда предшествующих слогов, ещё не успевших отзвучать к моменту произнесения очередного слога. Нетрудно понять, что, если поглощение звука невелико, то отзвук происходит очень медленно, причём наличие ещё не отзвучавших импульсов сильно мешает разборчивости очередных слогов связной речи. В этом случае помещение оказывается чрезмерно гулким, иногда в такой степени, что речь становится совершенно неразборчивой.

Вышеизложенное сохраняет своё значение и в применении к помещениям, предназначенным для слушания музыки. Каждый такт музыкального произведения, каждая музыкальная фраза представляют собой последовательности звуковых импульсов, подвергающихся в аудитории процессу постепенного отзвука. Понятно, что при затянутом отзвуке фон, получающийся при суперпозиции ряда медленно затихающих импульсов, нарушает нормальное восприятие музыки тем сильнее, чем быстрее темп музыкального произведения. На примере музыки легко уяснить себе и другую сторону дела: акустическим дефектом помещения может явиться не только чрезмерная длительность отзвука, но также и недостаточная его продолжительность. Действительно, при очень быстром отзвуке (т. е. при значительном поглощении звука) музыка звучит сухо, утрачивая ту связность звучания, к которой мы привыкли при слушании концертной музыки в качестве одного из факторов её эстетического воздействия. В известной мере это относится и к слушанию речи, хотя при коротком отзвуке разборчивость речи вполне удовлетворительна, зато своеобразная безжизненность её звучания в заглушённом помещении ощущается особенно при восприятии художественного слова как некоторый, безусловно, неприятный дефект.

Цель работы. Исследование условий, определяющих слышимость речи и музыки в помещениях, и разработка архитектурно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающих оптимальные условия слухового восприятия.

Основные принципы звукоизоляции помещений. Акустические материалы – строительные изделия (чаще всего в виде листов, плит, матов и панелей), предназначенные для изменения характера распространения звуковых волн в помещении, способствуют комфортному воспроизведению звуков, в соответствии с особенностями человеческого слуха, и подразделяются на звукопоглощающие и звукоизолирующие. Звукопоглощающие материалы могут предназначаться для изоляции либо от воздушного, либо от структурного шума.

Эффективность ограждающей конструкции оценивают индексом изоляции воздушного шума (R_w) (усредненным в диапазоне наиболее характерных для жилья частот – от 100 до 3000 Гц), а перекрытий – индексом приведенного ударного шума под перекрытием (L_{nw}). Чем больше R_w и меньше L_{nw} , тем лучше звукоизоляция. Обе величины измеряются в дБ.

Звукопоглощение оценивают по среднему показателю в диапазоне частот 250-4000 Гц и обозначают с помощью коэффициента звукопоглощения (α_w). Этот коэффициент может принимать значение от 0 до 1 (чем ближе к 1, тем соответственно выше звукопоглощение).

Организм человека неодинаково реагирует на шум уровня и частотного состава. В диапазоне 35-60 дБА реакция индивидуальна. Шумы уровня 70-90 дБА при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а при L более 100 дБА – к снижению остроты слуха разной степени тяжести, вплоть до полной глухоты. Эффективная шумозащита в значительной мере способствует повышению степени благоустройства населенных мест, оздоровлению условий быта, труда и отдыха населения [2-4].

Согласно источникам, шум внутри здания можно разделить на несколько категорий: воздушный шум; ударный шум; структурный шум (звуки от строительных систем, системы вентиляции, отопления и т.п.).

Изоляция воздушного шума зависит не только от звукоизоляционных свойств конструкции ограждения, но и от площади этой конструкции, а также от звукопоглощения поверхности стен, пола, потолка и предметов в тихом помещении. Поскольку показатели в каждом конкретном случае меняются, введено понятие звукоизолирующей способности (R_n) (собственной звукоизоляции), которая измеряется в децибелах. Эта величина не зависит ни от площади, ни от звукопоглощения, она присуща только самой ограждающей конструкции.

Для удобства измерений пользуются индексом изоляции воздушного шума. Он позволяет вывести усредненные величины. Так в нормативах для межквартирных стен и междуэтажных перекрытий установлены минимальные значения R_n равные:

- 54 дБ для домов категории А (высоко комфортные условия);
- 52 дБ для домов категории Б (комфортные условия);
- 50 дБ для домов категории В (предельно-допустимые условия).

Изоляция ударного шума определяется с помощью которой устанавливается на полу верхнего помещения, вычисляя уровни звукового давления

L_n , дБ под перекрытием. При этом, чем выше значение L_n , тем хуже изоляция перекрытием ударного шума. Усредненные значения L_n позволяют определить индекс ударного шума под перекрытием, которые равны [3-8]:

- 55 дБ для домов категории А;
- 58 дБ для домов категории Б;
- 60 дБ для домов категории В.

Структурный шум возникает при контакте строительных конструкции с различным вибрирующим оборудованием. Структурный шум распространяется по строительным конструкциям и излучается в помещения на всех путях своего распространения.

Звукоизоляция помещений включает в себя звукоизоляцию пола от ударного шума и звукоизоляцию стен и потолка от воздушного шума.

Для конструкций межэтажных перекрытий жилых зданий согласно нормам МГСН 2.04-97 в качестве нормативных значений приняты следующие величины. Для многослойных железобетонных плит толщиной 220 мм и вибропрессованных железобетонных плит толщиной 160 мм индекс изоляции находится примерно на грани $R_w = 52$ дБ.

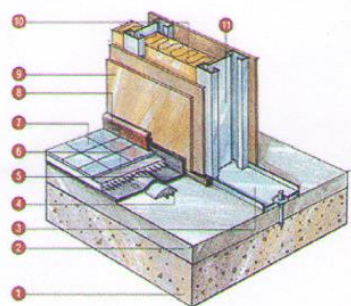
Для плит перекрытия толщиной 140 мм индекс изоляции воздушного шума редко превышает $R_w = 51$ дБ. Монолитное железобетонное перекрытие толщиной 250 мм имеет уровень приведенного ударного шума около $L_{nw} = 74$ дБ [7].

Таблица 1. Индекс изоляции воздушного шума и индекс приведенного уровня ударного шума для различных ограждающих конструкций в различных категориях домов

Наименование и расположение ограждающей конструкции	Индекс изоляции воздушного шума, R_w , дБ	Индекс приведенного уровня ударного шума, L_{nw} , дБ
Перекрытия между помещениями квартир и отделяющая помещения квартир от холлов и используемых чердачных помещений		
В домах категории А	54	55
В домах категории Б	52	58
В домах категории В	50	60
Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами		
В домах категории А	59	55
В домах категории Б и В	57	58
Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях		
В домах категории А	47	63
В домах категории Б	45	66
В домах категории В	43	68

Если рост индекса R_w свидетельствует об улучшении звукоизоляционных характеристик перекрытия, то в отношении изоляции ударного шума

ситуация улучшается, если значение уровня шума под перекрытием становится меньше. Таким образом, чем меньше данный индекс, тем лучше с акустической точки зрения конструкция перекрытия.



1. Плита перекрытия
2. Выравнивающая стяжка
3. Металлическая направляющая
4. Теплый пол
5. Шумо- и гидроизолирующая прокладка
6. Стяжка
7. Плитка
8. Плинтус
9. Гипсокартон
10. Звукопоглощающий наполнитель
11. Металлические стойки с шагом 600 мм.

Рис. 1 Схема сочетания наиболее характерных звукоизолирующих конструкций: многослойной перегородки и «плавающего» пола

Шумоизоляция помещения снизу и сверху определяется межэтажным перекрытием. Однако для защиты от структурного шума его пришлось бы сделать слишком толстым и тяжелым. В качестве

дополнительного звукоизолятора можно смонтировать подвесной или подшивной потолок, а вот между нижней плитой и напольным покрытием обычно стелют промежуточную эластичную подложку. Это заметно уменьшит шум.

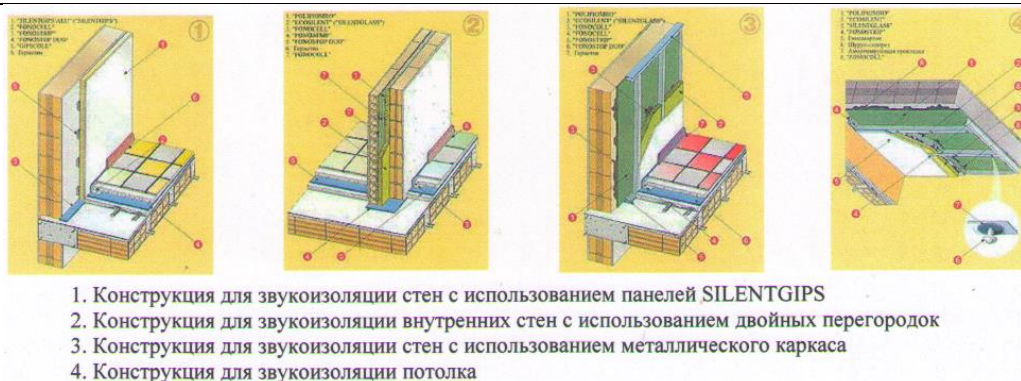


Рис. 2. Звукоизоляционные конструкции для стен и потолка

Окна, балконные и межкомнатные двери тоже способствуют проникновению в помещение шумов. Причем улучшение шумоизоляции в данном случае находится в противоречии с проблемой обеспечения притока свежего воздуха.

На работу открывающего окна в значительной степени оказывают влияние тип оконного уплотнения и, соответственно его прижим, обеспечиваемый системой фурнитуры. На рис. 3-4 приведены сравнительные частотные характеристики изоляции шума оконными блоками с различными стеклопакетами.

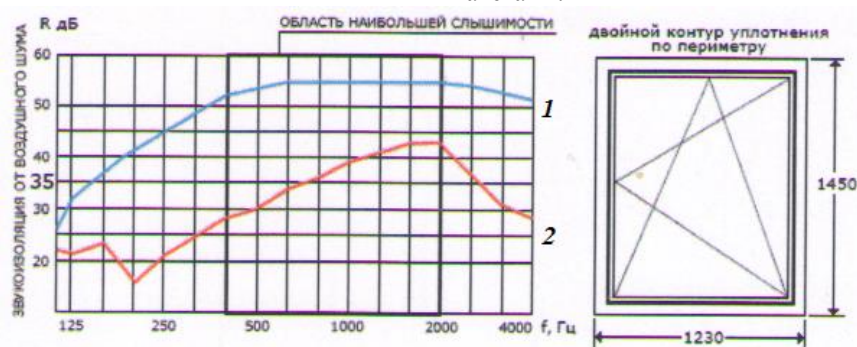


Рис. 3. Частотные характеристики изоляции воздушного шума: 1 – нормативная кривая; 2 – экспериментальная кривая для полностью открывающегося поворотно-откидным ПВХ-окном размером 1226×1447 мм с двумя контурами резинового уплотнителя по всему периметру - $R_w = 33$ дБ

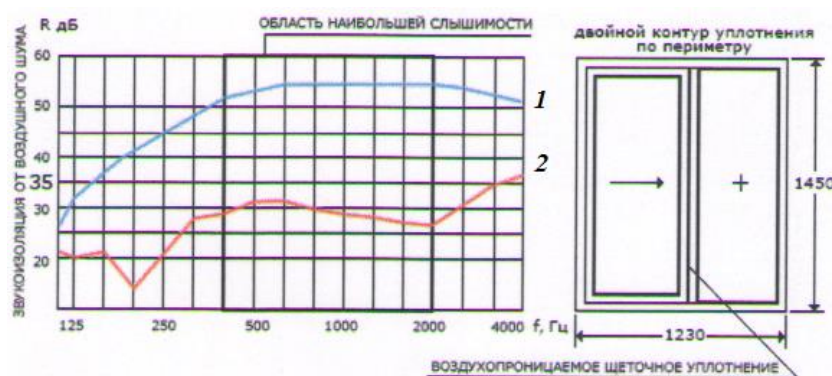


Рис. 4. Частотные характеристики изоляции воздушного шума:
 1 – нормативная кривая; 2 – экспериментальная кривая для раздвижного ПВХ-окна размером 1228×1476 мм, где размер подвижной створки 610×1418 мм с двумя контурами резинового уплотнителя по периметру глухой и подвижной створок, а щеточное уплотнение между глухой и подвижной створками - $R_w = 28$ дБ

Таким образом, заполнение одного и того же проема окнами, имеющими различное открытие, может дать очень большую разницу в звукоизоляции. Так, например, щеточное воздухопроницаемое уплотнение, устанавливаемое в раздвижных окнах между подвижной и глухой частями, резко ухудшает работу оконного блока на наиболее слыши-

мых средних частотах, за счет чего происходит значительное падение его звукоизоляционных качеств по сравнению с поворотно-откидным окном.

Балконную дверь всегда рассматривают как ограждение с неоднородными шумоизоляционными свойствами по высоте. Шумоизоляцию нижней, филанчатой части обеспечивают по аналогии с

межкомнатной перегородкой, а остекленной верхней – так же, как окна [2,5,9].

Результаты и исследование. Под домашний кинотеатр было отведено помещение гостиной расположенной на 5 этаже 9-ти этажного дома.

Помещение прямоугольной формы с размерами: длина $l = 5,24$ м, ширина $b = 3,44$ м, высота потолков $h = 2,65$ м.

Помещение граничит с балконом, коридором, кухней и одной стеной, которая является несущей, с такой же комнатой в соседней квартире. Стены выполнены из монолитного железобетона, толщина стен-перегородок – 16 см, толщина несущей стены – 20 см. Межэтажные перекрытия – монолитные железобетонные плиты толщиной 20 см.

В боковой стене имеется дверной проем с размерами $1,9 \times 2$ м. На передней стене расположено окно – двойной стеклопакет с размерами $1,8 \times 1,1$ м. Передняя, задняя и одна из боковых стен – железобетонная плита толщиной 16 см, оштукатурена и оклеена виниловыми обоями. Боковая стена (несущая) – железобетонная плита толщиной 20 см с выравнивающей стяжкой оклеена виниловыми обоями. Пол – железобетонная плита межэтажного перекрытия с выравнивающей стяжкой толщиной 4 см и паркетом 2,2 см. Потолок – железобетонная плита межэтажного перекрытия, оштукатуренная и оклеенная виниловыми обоями.

В помещении находится мягкий диван на 5 человек, стол-тумба и аппаратура.

Цель данного расчета – создать оптимальные условия слушателя звуковых программ при минимальном внесении изменений в дизайн помещения, приближение стандартного времени реверберации к оптимальному на всех частотах звукового диапазона. Расчет выполняется на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. По результатам расчета определяется тип и количество акустических материалов, а также их размещение в помещении.

Объем помещения:
 $V = l \cdot b \cdot h = 5,24 \cdot 3,44 \cdot 2,65 = 47,77 \text{ м}^3$.

Площадь ограждающих поверхностей:
 $S_{\text{общ}} = 99,26 \text{ м}^2$.

Оптимальное время реверберации:
 $T_{\text{опт}} = 0,3 \pm 0,15 \text{ с}$.

Расчет общего поглощения начинают с определения требуемого количества поглощения A_0 . При этом будем использовать следующие основные формулы:

Для времени реверберации:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{A_{\text{общ}}} \text{ при } \alpha_{\text{ср}} \leq 0,2 \text{ и}$$

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{-S_{\text{общ}} \cdot \ln \left(1 - \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}} \right)} \text{ при } \alpha_{\text{ср}} \geq 0,2.$$

Средний коэффициент звукопоглощения:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}.$$

Фон поглощения:

$$A_{\text{общ}} = \sum_i \alpha_i S_i + \sum A + \alpha_{\text{добр}} S_{\text{общ}};$$

$$A_{\text{треб}} = S_{\text{общ}} \left(1 - \exp \left(\frac{V}{S_{\text{общ}}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0,164}{T} \right) \right) \right),$$

где μ – коэффициент затухания звука в воздухе, который для помещений малого объема на частотах 1000 Гц можно принять равным 0. Влажность воздуха в помещении 60-70%, поэтому на частоте 2000 Гц $\mu = 0,0025$, а на 4000 Гц – $\mu = 0,052$ [9, 10].

Практически не удастся подобрать звукопоглощающие материалы так, чтобы добиться совпадения значений поглощения A с требуемым A_0 во всех точках рабочего диапазона. Результат подбора будем считать приемлемым, если для указанного ранее ряда частот расчетное значение T отличается от оптимального не более чем на 10%:

$$T_{\text{min}} = 0,9T; \quad T_{\text{max}} = 1,1T;$$

$$A_{\text{min}} = S_{\text{общ}} \left(1 - \exp \left(\frac{V}{S_{\text{общ}}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0,164}{T_{\text{max}}} \right) \right) \right);$$

$$A_{\text{max}} = S_{\text{общ}} \left(1 - \exp \left(\frac{V}{S_{\text{общ}}} \cdot \left(4 \cdot \mu - \frac{0,164}{T_{\text{min}}} \right) \right) \right).$$

Результаты расчетов по вышеизложенным формулам для помещения домашнего кинотеатра до акустической обработки представлены в табл. 2-3.

Таблица 2. Фон поглощения в помещении до акустической обработки

Наименование поглотителей	Площадь или к-во человек	Частота, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Пол	18,025	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06
		1,8025	1,8025	1,8025	1,4420	1,0815	1,0815
Потолок	18,025	0,1	0,1	0,1	0,08	0,06	0,06
		1,8025	1,8025	1,8025	1,4420	1,0815	1,0815
Передняя стена	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
Задняя стена	9,116	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,1823	0,1823	0,1823	0,1823	0,3646	0,3646
Боковая стена	11,906	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2381	0,2381	0,2381	0,2381	0,4762	0,4762
Боковая стена	13,886	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
		0,2777	0,2777	0,2777	0,2777	0,5554	0,5554
Окно	1,98	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
		0,693	0,495	0,3564	0,2376	0,1386	0,0792
Двойной проем	3,8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
		0,76	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Стол-тумба	1,1	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08
		0,33	0,176	0,088	0,055	0,044	0,088
Аппаратура	1,3	0,25	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04
		0,325	0,195	0,078	0,065	0,052	0,052
Люди на мягком диване	5	0,25	0,3	0,4	0,45	0,45	0,4
		1,25	1,5	2	2,25	2,25	2

Таблица 3. Расчетные величины для помещения домашнего кинотеатра до акустической обработки

$S_{общ}, м^2$	4,9713	4,8693	4,5257	4,1806	4,5776	4,5622
$A_{общ}, м^2$	12,4426	12,7386	13,0514	12,8613	13,6552	13,1244
$\alpha_{ср}$	0,141	0,1443	0,1479	0,1457	0,1547	0,1487
$T, с$	0,6258	0,6112	0,6054	0,5702	0,5702	0,5993
$T_{min}, с$	0,5632	0,5501	0,5448	0,5132	0,5132	0,534
$T_{max}, с$	0,6883	0,6723	0,6659	0,6272	0,6272	0,6526
$A_{треб}, м^2$	20,3472	20,7692	20,9434	22,0597	21,7004	13,3388
$A_{min}, м^2$	18,7098	19,1029	19,2651	20,3060	19,9373	11,4323
$A_{max}, м^2$	22,2961	22,7515	22,9393	24,1417	23,7938	15,605

Рассчитанное время реверберации в два раза превышает требуемую норму для домашних кинотеатров.

Произведем расчет звукоизоляции от воздушных шумов. Исходя из местоположения помещения, определим по справочным данным уровни L_i типичных источников шума. По назначению помещения, определим допустимый уровень шума L_D в нем. Рассчитаем фактический уровень L_ϕ шумов внутри помещения и сопоставим его с допустимым L_D .

$$L_\phi = 10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^N S_i \cdot 10^{0,1 \cdot (L_i - \tau_i)} \right) - 10 \cdot \lg A,$$

где S_i - площади перегородок (или их отдельных участков), отделяющих i -й источник шума от помещения; τ_i - значение собственной звукоизоляции соответствующих участков; A - значение поглощения звука внутри помещения.

При расчете L_ϕ значения собственной звукоизоляции (и тип перегородки) подбираются таким образом, чтобы обеспечить неравенство $L_\phi \leq L_D$. Такой подбор производят, пользуясь

справочными данными для τ_i перегородок различных типов. Подбор неоднозначен: одно и тоже значение L_ϕ можно получить, комбинируя различные перегородки. При подборе перегородок следует учесть экономический фактор. Поскольку возможно проникновение шума не только через перегородки, следует при подборе их звукоизоляции исходить из неравенства $L_\phi \leq L_D - 3 \text{ дБ}$, учитывающего неизбежное включение в L_ϕ шумов, проникающих в помещение другими путями [11].

Мощность источников шума и звукоизолирующие свойства перегородок неодинаковы в различных частотных диапазонах. Как правило, звукоизоляция уменьшается с понижением частоты. Поэтому звукоизоляцию следует рассчитать для каждого поддиапазона в отдельности.

Величины $S_i \cdot 10^{0,1(L_i - \tau_i)}$ пропорциональны мощности шума, переизлучаемой i -м участком перегородки. Сопоставление этих величин позволяет учесть вклад в суммарный уровень шума того или иного участка перегородок. Желательно, чтобы все эти величины были одного порядка. Результаты расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4. Звукоизоляция ограждающих конструкций

Наименование перегородок	Уровень источника, L_i	Площадь перегородки, S_i	Собственная звукоизоляция, τ_i	$S_i \cdot 10^{0,1(L_i - \tau_i)}$	Фактический уровень шумов, L_ϕ
Пол	70	18,0256	56	452,7826	26,5589
Потолок	70	18,0256	56	452,7826	26,5589
Передняя стена	65	9,116	51	228,9836	23,598
Задняя стена	70	9,116	51	724,1096	28,598
Боковая стена	60	11,906	51	94,5727	19,7576
Боковая стена	75	13,886	51	3488,0054	35,4257
Окно	65	1,98	28	9923,5072	39,9666
Дверной проем	60	3,8	15	120166,6	50,7978

Следовательно, фактический уровень звукоизоляции рассчитываемого помещения равен 28,96 дБ, что, безусловно, меньше, чем требуемая нормами. Поэтому, рекомендуется применение эффективных для борьбы с шумами звукоизоляционных материалов и конструкций.

Проведем акустическую обработку помещения, добавив в нее звукопоглощающие материалы: на потолок – гипсокартонная подвесная конструкция, тяжелая штора на переднюю стену (9 м^2), на

пол – шерстяной ковер на войлочной основе (2 м^2), а дверной проем был задрапирован плюшевой шторой со складками. Произведем повторно расчет.

Для фона поглощения (табл. 3) добавиться строка «наименование поглощения» – это штора и ковер с параметрами (табл. 5).

Таблица 5. Фон поглощения в помещении после акустической обработки

Наименование поглощений	Площадь или к-во человек	Частота, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Штора	9	0,04	0,04	0,11	0,17	0,3	0,35
		0,36	0,36	0,99	1,53	2,7	3,15
Ковер	2	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,3
		0,22	0,28	0,74	0,86	0,54	0,6

Таблица 6. Расчетные величины для помещения домашнего кинотеатра после акустической обработки

$S_{общ}, м^2$	10,55072	8,763648	8,467488	9,06792	10,05863	10,54349
$A_{общ}, м^2$	23,60144	20,5273	20,93498	22,63584	24,61726	25,08698
$\alpha_{ср}$	0,237785	0,206813	0,210921	0,228057	0,24802	0,252752
$T, с$	0,329902	0,379308	0,333183	0,304921	0,276893	0,270893
$T_{min}, с$	0,296912	0,341377	0,299864	0,274429	0,249204	0,243804
$T_{max}, с$	0,362892	0,417238	0,366501	0,335413	0,304582	0,297983
$A_{треб}, м^2$	38,8801	34,84143	38,58384	41,28959	44,09616	39,37219
$A_{min}, м^2$	36,08901	32,25916	35,80729	38,38493	41,04475	35,98404
$A_{max}, м^2$	42,12451	37,86276	41,81294	44,65217	47,60929	43,26785

Таким образом, небольшие изменения внесенные в дизайн помещения позволили приблизить время реверберации к оптимальному требуемому диапазону.

Произведя повторный расчет звукоизоляции получили фактический уровень шумов внутри помещения – 24 дБ, что соответствует допустимому уровню шумов в кинотеатрах, равному 30-35 дБ, при этом уровень шумов проникающих в помещения смежные с домашним кинотеатром составляет 70 дБ.

Выводы

В статье приведен акустический расчет реального помещения домашнего кинотеатра до и после его акустической обработки. В результате этого было обеспечено время реверберации $0,3 \pm 0,15$ с., уровень звукоизоляции составил 24 дБ, уровень проникающих в помещения шумов смежных с домашним кинотеатром – 70 дБ что вполне соответствует допустимым нормам, а выбранное помещение можно использовать под домашний кинотеатр.

Литература

1. Богданова Н.В. Компьютерное моделирование математических алгоритмов обработки реверберационного процесса в закрытом помещении // Н.В. Богданова // East European Scientific Journal – 2018. - #5 (33), 2018 part 1. – С. 37-40.
2. Заборов В.И., Могилевский М.И., Мякшин В.Н., Самойлюк Е.П. Справочник по защите от шумов и вибраций жилых и общественных зданий / В.И. Заборов, М.И. Могилевский, В.Н. Мякшин,

Е.П. Самойлюк // Под ред. В.И. Забокова. – К.: Будівельник, 1989. – 160 с.: ил.

3. Строительная акустика. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse>

4. Защита от шумов и вибрации. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <http://www.acoustic.ua/directory/139>.

5. Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: МинЗдрав СССР, 1984. – 72 с.

6. Секреты тихого дома // Идеи вашего дома. – 2001. - №11.

7. СНиП II-12-77 Защита от шума. – М.: Стройиздат, 1978.

8. Лалаев Э.Ф. Акустика: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1978. – 448 с., ил.

9. Боганик А. Проблемы звукоизоляции элитного жилья и пути их решения // Технологии строительства. – 2003. №4(20).

10. Акустика: Справочник / А.П. Ефимов, А.В. Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров; Под ред. М.А. Сапожкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.: ил.

11. Акустический проект помещений. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Акустика» для студентов специальности «Акустика и ультразвуковая техника» всех форм обучения / Сост.: Е.С. Белоус, Б.М. Бескоровайный, В.Б. Галаненко и др. – Киев: КПИ, 1985. – 68.

*Доценко Наталья Владимировна,
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»,
кандидат технических наук, кафедра менеджмента*

*Dotsenko Nataliia,
National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"
PhD in Technical Science, Management department*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В МУЛЬТИПРОЕКТНОЙ СРЕДЕ

MODELING THE PROCESSES OF DONOR-ACCEPTOR INTERACTION IN MULTI-PROJECT ENVIRONMENT

Аннотация. Рассмотрены вопросы моделирования процессов донорно-акцепторного взаимодействия в мультипроектной среде. Предложено использовать матричные модели (матрица проектов-доноров, матрица проектов-акцепторов) и графовые модели для отображения донорно-акцепторного взаимодействия. Рассмотрены свойства предложенных моделей. Для формального описания процесса перераспределения ресурсов предложено использовать математический аппарат теории символьных серийных последовательностей.

Ключевые слова: управление проектами, команда проекта, донорно-акцепторный подход, перераспределение ресурсов, мультипроектная среда.

Abstract. The problems of modeling the processes of donor-acceptor interaction in multi-project environment are considered. It is proposed to use matrix models (a matrix of donor projects, a matrix of acceptor projects) and graph models for displaying donor – acceptor interaction. The properties of the proposed models are considered. For a formal description of the process of redistribution of resources, it was proposed to use the mathematical apparatus of the theory of symbolic serial sequences.

Key words: project management, project team, donor-acceptor approach, redistribution of resources, multi-project environment.

Постановка проблемы в общем виде.

Динамическое изменение окружающей среды проекта, миграция персонала, изменение требований к продукту проекта в мультипроектной среде ставит перед руководителями задачу применения эффективных методов управления обеспечением человеческими ресурсами проектов. Эффективное управление человеческими ресурсами в мультипроектной среде является необходимым условием обеспечения жизнеспособности портфеля проектов.

Анализ последних исследований и публикаций.

При портфельном управлении в компании в течение финансового года реализуется определенное количество проектов, конкурирующих за общие ресурсы компании [1]. На основании анализа методологических аспектов портфельного управления В.М. Анышиным, И.В. Демкиным, И.М. Никоновым, И.Н. Царьковым предложена система моделей селекции проектов и календарного распределения ресурсов [2].

С целью унификации действий руководителей и бизнес-аналитиков при планировании команд проектов разработаны процедуры планирования, учитывающие вопросы создания, функционирования и развития команд проектов [3].

В работе [4] рассмотрено представление проектов в мультипроектной среде в виде цепочки из трех работ (этапов), предложены алгоритмы решения для различных случаев комбинации видов ресурсов при выполнении этапов.

При формировании команд проектов в мультипроектной среде исходными данными являются матрица компетенций, матрица ограничений и т.д. Применение разработанных методов построения команды проекта позволяет строить команды при заданных ограничениях: резервирование, совмещение профессий, требования стейкхолдеров [5, 6].

Однако при выполнении проектов происходит изменение требований к команде проекта, что может быть вызвано рядом причин, приведенных в табл. 1.

Таблица 1. Анализ причин изменения требований к человеческим ресурсам

Причины изменений	Влияние на процессы управления человеческими ресурсами
Миграция человеческих ресурсов	Изменение функции доступности ресурсов, изменение профиля компетенций, необходимость перераспределения ресурсов
Изменение требований к проекту: - к объему проекту - к стоимости проекта	Пересмотр команды проекта, изменение требований к компетенциям Необходимость минимизации стоимости проекта (отказ от премий, материальной мотивации), как следствие снижение эффективности работы команды
- к срокам выполнения	Необходимость перераспределения ресурсов вследствие изменения сроков выполнения задач, привлечение дополнительного персонала
Изменение портфеля проектов	Введение новых проектов приводит к необходимости формирования команд проекта, изменения профиля компетенций. Закрытие проектов приводит к высвобождению персонала, возможности провести оптимизацию распределения ресурсов между проектами
Конфликты между стейкхолдерами	Изменение требований к командам проекта (запрет привлечения человеческих ресурсов, совмещения работ, участия в нескольких проектах и т.д.)
Форс-мажор	Пересмотр команд проектов и пула ресурсов, перераспределение ресурсов.

Миграция человеческих ресурсов является основной причиной, вызывающей необходимость перераспределения ресурсов. В зависимости от вида

миграции происходит изменения пула ресурсов, функции доступности ресурсов.

Виды миграции человеческих ресурсов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Виды миграции человеческих ресурсов

Вид миграции	Причина	Последствия
Сокращение персонала	Сокращение, увольнение, смерть	Изменение пула ресурсов, потеря корпоративных знаний, критических компетенций, необходимость перераспределения ресурсов
Ввод нового персонала	Найм новых сотрудников	Изменение пула ресурсов, необходимость ввода в команду проекта (обучение на рабочем месте), изменение профиля компетенций мультипроекта, необходимость перераспределения ресурсов
Горизонтальная миграция	Закрытие вакансий в смежных подразделениях, перевод в другой проект.	Перераспределение компетенций, необходимость перераспределения ресурсов
Вертикальная миграция	Закрытие вакансий руководящего звена	Перераспределение компетенций, изменение профиля компетенций сотрудника (развитие управленческих компетенций), необходимость перераспределения ресурсов
Временное высвобождение сотрудника	Болезнь, декрет, мобилизация, отпуск и т.д.	Перераспределение компетенций, необходимость перераспределения ресурсов

Рассмотренный в работе [7] донорно-акцепторный подход к ресурсному обеспечению в мультипроектной среде позволяет осуществить перераспределение ресурсов между проектами, входящими в мультипроект.

Изложение основного материала исследования.

Задача перераспределения ресурсов в портфеле проектов заключается в обеспечении условий реализуемости портфеля проектов при минимизации стоимости изменений.

Пусть в портфеле проектов (мультипроекте) имеется n проектов.

$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ – множество проектов, входящих в портфель.

P_{ij}^d – элемент $(n \times n)$ – матрицы проектов-доноров, в которой элемент матрицы $P_{ij}^d = 1$, если i -ый проект является донором для j -го проекта.

P_{ij}^a – элемент $(n \times n)$ – матрицы проектов-акцепторов, в которой элемент матрицы $P_{ij}^a = 1$, если i -ый проект является акцептором для j -го проекта.

В таблице 3 приведен пример матрицы проектов-доноров для портфеля проектов, состоящих из n проектов.

Таблица 3. Пример матрицы проектов-доноров

P^d/P^a	P^a_1	...	P^a_i	...	P^a_n
P^d_1	0	...	1	...	0
...	...	0	...	...	...
P^d_i	1	...	0	...	1
...	...	...	...	0	...
P^d_n	1	...	1	...	0

Для введенных в рассмотрение матриц характерно наличие свойств:

1) Матрица проектов-акцепторов является транспонированной матрицей проектов-доноров:

$$\begin{bmatrix} P^d_{11} & \dots & P^d_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ P^d_{n1} & \dots & P^d_{nn} \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} P^a_{11} & \dots & P^a_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ P^a_{n1} & \dots & P^a_{nn} \end{bmatrix}.$$

2) Элементы главной диагонали равны 0.

3) Если все элементы строки матрицы проектов-доноров равны 0, то данный проект не является донором при данном перераспределении ресурсов.

4) Если все элементы строки матрицы проектов-акцепторов равны 0, то данный проект не является акцептором при данном перераспределении ресурсов.

5) Если все элементы i -ой строки и i -го столбца матрицы проектов-доноров равны 0, то данный проект не принимает участие в данном перераспределении ресурсов.

Поскольку перевод из проекта в проект имеет определенную стоимость перевода (состоящую из стоимости ресурсов, задействованных в изменениях, стоимости перевода (вывод из проекта-донора и ввод в проект-акцептор), потерь, вызванных снижением эффективности работы команд проектов вследствие осуществления перераспределения ресурсов), то введем в рассмотрение матрицу стоимости C (табл. 6), элементами которой C_{ij} является стоимость перевода ресурсов из проекта-донора в проект-акцептор.

Таблица 6. Матрица стоимости

P^d/P^a	P^a_1	...	P^a_i	...	P^a_n
P^d_1	0	...	C_{1i}	...	0
...	...	0	...	...	...
P^d_i	C_{i1}	...	0	...	C_{in}
...	...	...	...	0	...
P^d_n	C_{n1}	...	C_{ni}	...	0

Пусть $P^d = \{P^d_1, \dots, P^d_i, \dots, P^d_n\}$ – множество проектов-доноров, отображающее донорскую активность P^d_i , причем

$$P^d_i = \sum_{j=1}^n P^d_{ij};$$

где P^d_{ij} – элемент матрицы проектов-доноров.

В дальнейшем при определении донорской активности необходимо учитывать количество ресурсов, выделяемых проектами-донорами. Учитывая различные размеры команд проектов, целесообразно рассматривать относительные показатели.

Для отображения донорно-акцепторного подхода можно использовать графовую форму (рис. 1).

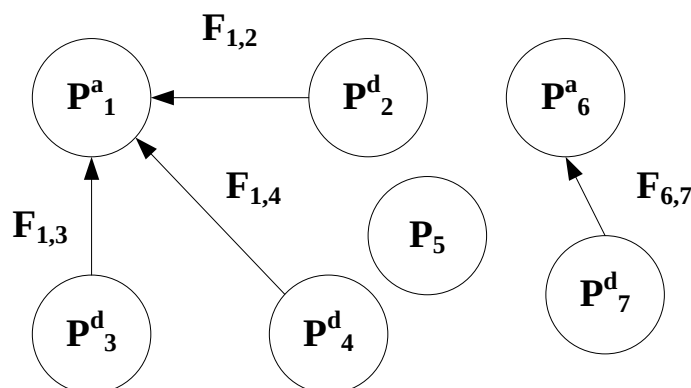


Рис. 1 – Пример графовой модели донорно-акцепторного взаимодействия

Ребро графа при необходимости может отображать следующие характеристики:

- компетенции, которые передает проект-донор в проект-акцептор,

- исполнитель (человеческий ресурс), который передается проектом-донором в проект-акцептор,
- время, на которое передается исполнитель,
- степень загрузки на других проектах.

Матрицы проектов-доноров и проектов-акцепторов, соответствующих рассматриваемому графу, приведены в табл. 4-5.

Таблица 4. Матрица проектов-доноров

P^d/P^a	P^a_1	P^a_2	P^a_3	P^a_4	P^a_5	P^a_6	P^a_7
P^d_1	0	0	0	0	0	0	0
P^d_2	1	0	0	0	0	0	0
P^d_3	1	0	0	0	0	0	0
P^d_4	1	0	0	0	0	0	0
P^d_5	0	0	0	0	0	0	0
P^d_6	0	0	0	0	0	0	0
P^d_7	0	0	0	0	0	1	0

Таблица 5. Матрица проектов-акцепторов

P^a / P^d	P^d_1	P^d_2	P^d_3	P^d_4	P^d_5	P^d_6	P^d_7
P^a_1	0	1	1	1	0	0	0
P^a_2	0	0	0	0	0	0	0
P^a_3	0	0	0	0	0	0	0
P^a_4	0	0	0	0	0	0	0
P^a_5	0	0	0	0	0	0	0
P^a_6	0	0	0	0	0	0	1
P^a_7	0	0	0	0	0	0	0

Изменения, происходящие в портфеле проектов, могут приводить к такому перераспределению ресурсов, при котором одни и те же проекты выступают как донорами, так и акцепторами. В данном случае можно говорить о расщеплении вершины. На рис. 2 изменения в портфеле проекта приводят к тому, что второй проект является донором для первого проекта и акцептором для восьмого.

Ранг изменений R_{ch} – это максимальная длина пути между проектом-донором и проектом-акцептором, привлечение которого необходимо для осуществления данного изменения. Ранг изменений -

характеризует глубину изменений, которые необходимо осуществить для реализации проекта, соответствует максимальной длине пути изменений в графе.

При применении графовой модели донорская активность будет определяться степенью вершин графа.

Проектом-инициатором изменений будем проект в портфеле проектов, для реализации которого запускается цепочка изменений ресурсного обеспечения проектов (процесс перераспределения ресурсов).

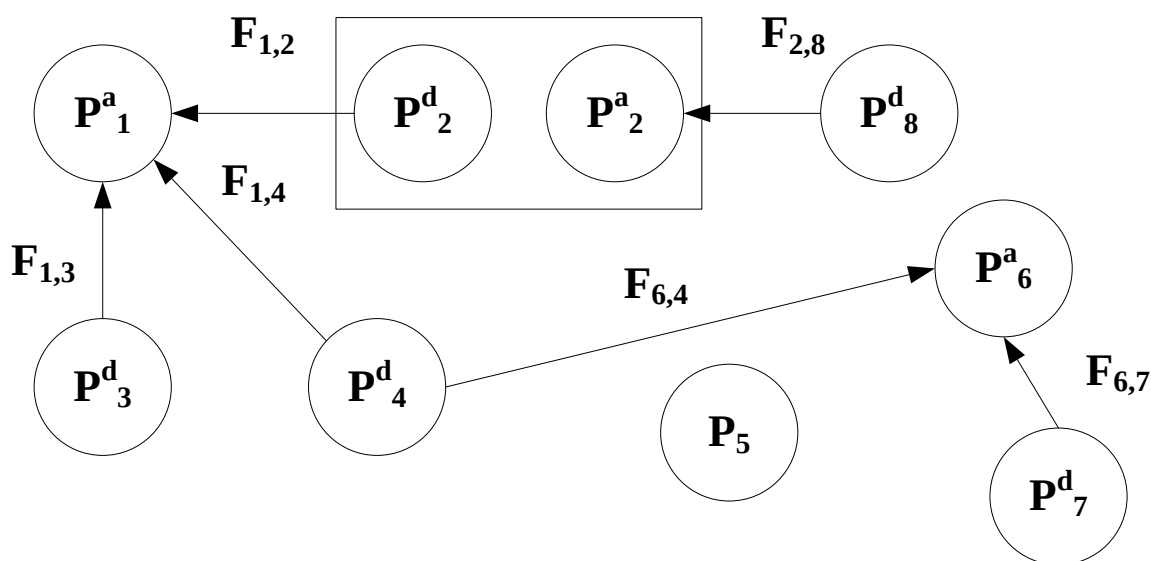


Рис. 2. Пример графа донорно-акцепторного взаимодействия

Независимыми проектами-инициаторами в портфеле, представленном на рис. 2, являются первый и шестой проекты-акцепторы.

Необходимость «акцепторства» второго проекта обусловлена изменениями, вызванными первым проектом-акцептором (необходимость пере-

распределения ресурсов вследствие участия второго проекта в донорно-акцепторном взаимодействии с первым проектом).

В результате осуществления донорно-акцепторного взаимодействия происходит перераспределение ресурсов между проектами в портфеле проектов. Поскольку матричные модели донорно-акцепторного взаимодействия зачастую являются

разреженными матрицами, то для хранения информации о донорно-акцепторном взаимодействии предлагается использовать серийные последовательности.

Пусть $Q = \{q_1, \dots, q_i, \dots, q_n\}$ – множество исполнителей портфеля проектов.

В табл. 6-8 приведен пример изменения требований к ресурсам в портфеле проектов.

Таблица 6. Модель распределения ресурсов (AS IS)

Q/P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Q ₁	1	1	0	1	1
Q ₂	1	0	1	1	1
Q ₃	1	0	1	0	0
Q ₄	0	1	0	0	1
Q ₅	1	1	0	1	1
Q ₆	0	0	1	1	1
Q ₇	1	1	0	1	0

Таблица 7. Модель распределения ресурсов (TO BE)

Q/P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Q ₁	1	1	0	1	1
Q ₂	0	0	1	0	1
Q ₃	0	0	1	1	0
Q ₄	1	0	0	0	1
Q ₅	1	1	0	1	1
Q ₆	0	0	1	1	0
Q ₇	1	1	0	1	0

Таблица 8 Матрица изменений

Q/P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
Q ₁	0	0	0	0	0
Q ₂	-1	0	0	-1	0
Q ₃	-1	0	0	1	0
Q ₄	1	-1	0	0	0
Q ₅	0	0	0	0	0
Q ₆	0	0	0	0	-1
Q ₇	1	0	0	0	0

Для формального представления процесса перераспределения ресурсов, учитывающего порядок изменения загрузки ресурсов в проектах, разработан математический аппарат, основанный на теории серийных символьных последовательностей, свойства которых исследованы в работах [8, 9].

Представим изменения, происходящие в процессе перераспределения ресурсов для i -го проекта, в виде серийных последовательностей $X(P_i)$, в которых «0» обозначает, что исполнитель не принимает участие в перераспределении, «1» – исполнитель вводится в проект, «-1» – исполнитель выводится из проекта (не принимает участие в реализации проекта в дальнейшем).

Приведенное символьное представление процесса перераспределения для трех элементов алфавита $\Omega = \{-1, 0, 1\}$ отображает изменение статуса исполнителя в процессе перераспределения ресурсов в мультипроектной среде. Рассмотренные последовательности относятся к серийным последовательностям, в которых в серию входят одинаковые символы.

Для матрицы изменений, представленной в табл. 8, объединим следующие подряд одинаковые значения в группы:

$$X(P_1) = (0), (-1, -1), (1), (0, 0), (1);$$

$$X(P_2) = (0, 0, 0), (-1), (0, 0, 0);$$

$$X(P_3) = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0);$$

$$X(P_4) = (0), (-1), (1), (0, 0, 0, 0);$$

$$X(P_5) = (0, 0, 0, 0, 0), (-1), (0).$$

Представим символьную последовательность $X(P_i)$, в виде серийной последовательности [8]:

$$X(P) = \{S_1(a_1, v_1), \dots, S_2(a_i, v_i), \dots, S_h(a_h, v_h),$$

$$\text{где } a_i \in \{-1, 0, 1\}; \sum_{i=1}^h v_i = n.$$

$$X(P_1) = \{(0, 1), (-1, 2), (1, 1), (0, 2), (1, 1)\};$$

$$X(P_2) = \{(0, 3), (-1, 1), (0, 3)\};$$

$$X(P_3) = \{(0, 7)\};$$

$$X(P_4) = \{(0, 1), (-1, 1), (1, 1), (0, 4)\};$$

$$X(P_5) = \{(0, 5), (-1, 1), (0, 1)\}.$$

На стоимость перераспределения ресурсов существенное влияние оказывает порядок осуществления перераспределения (выявление проекта-инициатора, выбор порядка проведения перераспределения).

Для выбора оптимального перераспределения ресурсов предлагается использовать метод преобразования комбинаторных планов, описанный в работе [8] и разработанное программное обеспечение [9-11].

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего развития.

Предложенные в работе матричные, графовые модели донорно-акцепторного взаимодействия позволяют формализовать процессы перераспределения ресурсов в мультипроектной среде. Для формального описания процесса перераспределения ресурсов предложено использовать математический аппарат теории символьных серийных последовательностей.

Поскольку задача перераспределения ресурсов в мультипроектной среде является NP-трудной задачей, возникает необходимость разработки программного комплекса, позволившего автоматизировать этот процесс.

Список использованных источников.

1. Gerald I. Kendall. Advanced project portfolio management and the PMO: multiplying ROI at warp speed / Gerald I. Kendall, Steven C. Rollins. – 2003 – 434 p.
2. Аньшин В.М. Модели управления портфелем проектов в условиях неопределенности / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.М. Никонов, И.Н. Царьков. М.: Издательский центр МАТИ, 2007. – 116 с.
3. Gail Levitt. Team planning for project managers and business analysts / Gail Levitt. - Taylor & Francis Group, LLC. – 2013 – 194 p.
4. Бурков В.Н. Задача распределения ресурсов в мультипроекте / Бурков В.Н., Волков А.А., Нехай Р.Г. // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: управление строительством. - № 1 (6), 2014. – С. 10-20.
5. Доценко Н.В. Методы управління людськими ресурсами при формуванні команд мультипроектів та програм: монографія / Н.В. Доценко, Л.Ю. Сабадош, І.В. Чумаченко; Харків:

нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. - Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. - 201 с

6. Доценко Н.В. Аналіз впливу стейкхолдерів на управління людськими ресурсами в проекті // Інформаційні технології та інновації в економіці, управління проектами і програмами [Текст] : монографія / за заг. ред В. О. Тимофєєва, І. В. Чумаченко – Харків: ХНУРЕ, 2016. – С. 307-315.

7. Dotsenko N. Application of the donor-acceptor approach to resource providing in a multi-project environment // Transformational processes the development of economic systems in conditions of globalization: scientific bases, mechanisms, prospects: collective monograph / edited by M. Bezpartochnyi, in 2 Vol. / ISMA University. – Riga: “Landmark” SIA, 2018. – Vol. 1. – 173 – 181 p.

8. Методология оптимального по стоимостным и временным затратам планирования эксперимента [Текст]: монография / Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.В. Павлик, Н.В. Доценко. – Полтава: Полтавская государственная аграрная академия, 2017. – 232 с.

9. Комп'ютерна програма «Програма формування символьних послідовностей / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, Н.В. Доценко, Г.В. Павлик // Свід. про реєстр. автор. права на твір № 45746. – Зареєстр. в Держ. Службі інтелектуальної власності України 25.09.2012 р.

10. Комп'ютерна програма «Програма формування структур типових серійних символьних послідовностей / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, Н.В. Доценко, Г.В. Павлик // Свід. про реєстр. автор. права на твір № 45747. – Зареєстр. в Держ. Службі інтелектуальної власності України 25.09.2012 р.

11. Комп'ютерна програма “Програма вирішення задачі забезпечення донорно-акцепторної ресурсної взаємодії в мультипроектному середовищі” / Чумаченко І.В., Доценко Н.В. // Свід. про реєстр. автор. права на твір № 81629. – Зареєстр. в Держ. Службі інтелектуальної власності України 21.09.2018 р.

УДК 621.311

Ермаков В.Ф., Зайцева И.В., Симбирский В.С., Павлов А.В.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ МИКРОРАЙОНА ГОРОДА В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Аннотация

Установлен характер изменений среднего значения и расчетной мощности нагрузки в течение года микрорайона г. Рязань. Приведены таблицы измерений и суточные графики электрической нагрузки.

Ключевые слова: электрическая нагрузка, сезонные изменения нагрузки, средняя мощность, расчетная мощность, суточный график нагрузки

В статье поставлена задача установления характера изменений электрической нагрузки в течение года. Для проведения обследования электрической нагрузки был выбран микрорайон г. Рязань, получающий питание от районной подстанции (ПС) «Рязань».

Проведение обследования электрической нагрузки выполнялось с помощью микропроцессорного счетчика ресурса силовых трансформаторов (СРТ) [1], установленного на подстанции «Рязань» в 2012 году. Основной задачей счетчика СРТ является непрерывный контроль ресурса силового

трансформатора. Счетчик СРТ позволяет определять полный износ силового трансформатора, после чего целесообразна его замена на новый трансформатор.

Попутно с помощью счетчика получается дополнительная информация, в частности, достаточная для получения суточного графика нагрузки.

В памяти СРТ каждый час размещается следующая информация: дата; час; температура окружающей среды $\Theta_{\text{окр}}$; ток нагрузки трансформатора; температура наиболее нагретой точки обмотки трансформатора $\Theta_{\text{обм}}$; значение износа $T_{\text{и}}$ изоляции за этот час; суммарный износ изоляции. Объем памяти СРТ рассчитан на заполнение через 20 лет.

Кроме возможности получения суточного графика нагрузки, СРТ позволяет исследовать тепловой режим трансформатора и его загрузку в процессе эксплуатации.

Для установления характера изменений электрической нагрузки в течение года из памяти счетчика СРТ были взяты данные за 15 число каждого месяца 2017 года. Если 15-го были выходные дни, то использовались данные за соседние рабочие сутки, т. е. за 14-е или 16-е.

По этим данным (см. табл. 1 – табл. 12) построены суточные графики мощности нагрузки $P(t)$ за каждый месяц 2017 года, приведенные в табл. 13.

Табл. 1. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.01.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки P , МВт
15.01.2017	1:00:00	6,28242505
15.01.2017	2:00:00	5,90230018
15.01.2017	3:00:00	5,65303192
15.01.2017	4:00:00	5,49998918
15.01.2017	5:00:00	5,41282239
15.01.2017	6:00:00	5,54345951
15.01.2017	7:00:00	6,05447336
15.01.2017	8:00:00	6,68795993
15.01.2017	9:00:00	6,97979085
15.01.2017	10:00:00	7,76500477
15.01.2017	11:00:00	8,47255588
15.01.2017	12:00:00	8,47255588
15.01.2017	13:00:00	8,65970841
15.01.2017	14:00:00	8,77190780
15.01.2017	15:00:00	8,71326764
15.01.2017	16:00:00	8,88652457
15.01.2017	17:00:00	9,37891740
15.01.2017	18:00:00	9,57775983
15.01.2017	19:00:00	9,41471069
15.01.2017	20:00:00	9,17722091
15.01.2017	21:00:00	8,72737034
15.01.2017	22:00:00	8,34409514
15.01.2017	23:00:00	7,40778813
16.01.2017	0:00:00	6,48390720
15.01.2017	1:00:00	6,28242505

Табл.2. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 16.02.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
16.02.2017	0:00:00	6,61332648
16.02.2017	1:00:00	6,04884181
16.02.2017	2:00:00	5,82650357
16.02.2017	3:00:00	5,64673829
16.02.2017	4:00:00	5,55360709
16.02.2017	5:00:00	5,58420417
16.02.2017	6:00:00	6,11704387
16.02.2017	7:00:00	8,13969279
16.02.2017	8:00:00	10,69261409
16.02.2017	9:00:00	12,76130657
16.02.2017	10:00:00	13,61036447
16.02.2017	11:00:00	13,49271777
16.02.2017	12:00:00	13,47458545
16.02.2017	13:00:00	13,16489714
16.02.2017	14:00:00	13,30483762
16.02.2017	15:00:00	12,95066348
16.02.2017	16:00:00	12,39650796
16.02.2017	17:00:00	11,81614260
16.02.2017	18:00:00	11,96120993
16.02.2017	19:00:00	11,51049019
16.02.2017	20:00:00	10,66291858
16.02.2017	21:00:00	10,00095072
16.02.2017	22:00:00	9,17899660
16.02.2017	23:00:00	7,99774493
16.02.2017	0:00:00	6,61332648

Табл.3. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.03.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.03.2017	0:00:00	6,63479986
15.03.2017	1:00:00	5,87739544
15.03.2017	2:00:00	5,55894028
15.03.2017	3:00:00	5,35973129
15.03.2017	4:00:00	5,27221297
15.03.2017	5:00:00	5,41008415
15.03.2017	6:00:00	5,95453506
15.03.2017	7:00:00	7,34128479
15.03.2017	8:00:00	10,07990052
15.03.2017	9:00:00	12,01645455
15.03.2017	10:00:00	13,10658030
15.03.2017	11:00:00	13,23706671
15.03.2017	12:00:00	12,69880331
15.03.2017	13:00:00	12,60229333
15.03.2017	14:00:00	13,12363977
15.03.2017	15:00:00	12,58052426
15.03.2017	16:00:00	12,21056984
15.03.2017	17:00:00	11,15871954
15.03.2017	18:00:00	10,72540431
15.03.2017	19:00:00	10,97449081
15.03.2017	20:00:00	10,23611989
15.03.2017	21:00:00	9,83181047
15.03.2017	22:00:00	8,98237971
15.03.2017	23:00:00	7,57022016
15.03.2017	0:00:00	6,63479986

Табл.4. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 14.04.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
14.04.2017	0:00:00	5,80790961
14.04.2017	1:00:00	5,34006752
14.04.2017	2:00:00	4,98058287
14.04.2017	3:00:00	4,88991573
14.04.2017	4:00:00	4,72534067
14.04.2017	5:00:00	4,86317794
14.04.2017	6:00:00	4,95911730
14.04.2017	7:00:00	6,56272326
14.04.2017	8:00:00	8,90883873
14.04.2017	9:00:00	10,46274914
14.04.2017	10:00:00	11,30173872
14.04.2017	11:00:00	11,94124990
14.04.2017	12:00:00	11,51602401
14.04.2017	13:00:00	11,27969205
14.04.2017	14:00:00	11,85645019
14.04.2017	15:00:00	11,32635901
14.04.2017	16:00:00	10,71088873
14.04.2017	17:00:00	9,79466751
14.04.2017	18:00:00	9,44974091
14.04.2017	19:00:00	9,14438782
14.04.2017	20:00:00	9,24382027
14.04.2017	21:00:00	8,72040701
14.04.2017	22:00:00	8,03637133
14.04.2017	23:00:00	6,92608930
14.04.2017	0:00:00	5,80790961

Табл.5. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.05.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.05.2017	1:00:00	6,28148176
15.05.2017	2:00:00	5,55280650
15.05.2017	3:00:00	5,22223258
15.05.2017	4:00:00	5,11849387
15.05.2017	5:00:00	4,95283891
15.05.2017	6:00:00	4,78764216
15.05.2017	7:00:00	4,93545745
15.05.2017	8:00:00	6,57895852
15.05.2017	9:00:00	8,98650268
15.05.2017	10:00:00	11,08598372
15.05.2017	11:00:00	12,34212605
15.05.2017	12:00:00	12,85339464
15.05.2017	13:00:00	12,26009830
15.05.2017	14:00:00	12,28050664
15.05.2017	15:00:00	12,35076620
15.05.2017	16:00:00	12,08984291
15.05.2017	17:00:00	11,44361761
15.05.2017	18:00:00	10,68138356
15.05.2017	19:00:00	9,66016920
15.05.2017	20:00:00	9,42273391
15.05.2017	21:00:00	9,18125624
15.05.2017	22:00:00	9,63821112
15.05.2017	23:00:00	9,03435509
15.05.2017	0:00:00	7,80288392
15.05.2017	1:00:00	6,28148176

Табл.6. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.06.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.06.2017	0:00:00	5,10574104
15.06.2017	1:00:00	4,63958815
15.06.2017	2:00:00	4,40129778
15.06.2017	3:00:00	4,20679534
15.06.2017	4:00:00	4,02242391
15.06.2017	5:00:00	4,07911918
15.06.2017	6:00:00	4,29221959
15.06.2017	7:00:00	5,31085385
15.06.2017	8:00:00	7,33966970
15.06.2017	9:00:00	9,09336735
15.06.2017	10:00:00	9,89580059
15.06.2017	11:00:00	10,12565906
15.06.2017	12:00:00	9,89355467
15.06.2017	13:00:00	9,92211789
15.06.2017	14:00:00	10,41662290
15.06.2017	15:00:00	9,99339123
15.06.2017	16:00:00	9,39533366
15.06.2017	17:00:00	9,16542718
15.06.2017	18:00:00	8,30672106
15.06.2017	19:00:00	7,71331193
15.06.2017	20:00:00	7,15981868
15.06.2017	21:00:00	6,99527029
15.06.2017	22:00:00	6,62563786
15.06.2017	23:00:00	5,90255130
15.06.2017	0:00:00	5,10574104

Табл.7. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.07.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.07.2017	0:00:00	8,31955410
15.07.2017	1:00:00	7,47052745
15.07.2017	2:00:00	7,06251497
15.07.2017	3:00:00	6,77206136
15.07.2017	4:00:00	6,40435267
15.07.2017	5:00:00	5,93059914
15.07.2017	6:00:00	5,99940441
15.07.2017	7:00:00	6,93442785
15.07.2017	8:00:00	8,03249814
15.07.2017	9:00:00	10,32547450
15.07.2017	10:00:00	11,66063351
15.07.2017	11:00:00	13,14732896
15.07.2017	12:00:00	13,20804414
15.07.2017	13:00:00	12,51995884
15.07.2017	14:00:00	12,48547370
15.07.2017	15:00:00	12,09621409
15.07.2017	16:00:00	11,81526466
15.07.2017	17:00:00	11,63812100
15.07.2017	18:00:00	11,42327157
15.07.2017	19:00:00	11,07970057
15.07.2017	20:00:00	10,93635139
15.07.2017	21:00:00	10,58439688
15.07.2017	22:00:00	10,68720811
15.07.2017	23:00:00	9,49151289
15.07.2017	0:00:00	5,10574104

Табл.8. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.08.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.08.2017	0:00:00	5,59560217
15.08.2017	1:00:00	5,02471374
15.08.2017	2:00:00	4,72471346
15.08.2017	3:00:00	4,56749269
15.08.2017	4:00:00	4,48929260
15.08.2017	5:00:00	4,32351875
15.08.2017	6:00:00	4,37360603
15.08.2017	7:00:00	5,69012916
15.08.2017	8:00:00	8,11946164
15.08.2017	9:00:00	10,14101180
15.08.2017	10:00:00	11,34309135
15.08.2017	11:00:00	12,49591203
15.08.2017	12:00:00	12,48262477
15.08.2017	13:00:00	12,72304941
15.08.2017	14:00:00	12,98231683
15.08.2017	15:00:00	13,10126597
15.08.2017	16:00:00	12,21457316
15.08.2017	17:00:00	11,46677047
15.08.2017	18:00:00	10,46912013
15.08.2017	19:00:00	9,57126005
15.08.2017	20:00:00	8,86214853
15.08.2017	21:00:00	8,76683848
15.08.2017	22:00:00	8,08141597
15.08.2017	23:00:00	6,73586397
15.08.2017	0:00:00	5,59560217

Табл.9. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.09.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.09.2017	0:00:00	5,75073821
15.09.2017	1:00:00	5,05264917
15.09.2017	2:00:00	4,70491519
15.09.2017	3:00:00	4,55937535
15.09.2017	4:00:00	4,50379103
15.09.2017	5:00:00	4,55026727
15.09.2017	6:00:00	4,63383580
15.09.2017	7:00:00	5,89978944
15.09.2017	8:00:00	7,94793887
15.09.2017	9:00:00	10,11233389
15.09.2017	10:00:00	11,13838588
15.09.2017	11:00:00	11,68043864
15.09.2017	12:00:00	11,42664311
15.09.2017	13:00:00	11,32779729
15.09.2017	14:00:00	11,92337002
15.09.2017	15:00:00	11,66228556
15.09.2017	16:00:00	10,88134303
15.09.2017	17:00:00	10,00583770
15.09.2017	18:00:00	9,51116179
15.09.2017	19:00:00	9,56367160
15.09.2017	20:00:00	9,19254545
15.09.2017	21:00:00	8,38483732
15.09.2017	22:00:00	7,62929414
15.09.2017	23:00:00	6,31066342
15.09.2017	0:00:00	5,75073821

Табл.10. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 16.10.2017)

Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
16.10.2017	0:00:00	5,94208040
16.10.2017	1:00:00	5,35309242
16.10.2017	2:00:00	5,09644682
16.10.2017	3:00:00	4,93305511
16.10.2017	4:00:00	4,87504578
16.10.2017	5:00:00	4,91771342
16.10.2017	6:00:00	5,33756992
16.10.2017	7:00:00	6,70720702
16.10.2017	8:00:00	9,40400296
16.10.2017	9:00:00	11,45746387
16.10.2017	10:00:00	12,90321232
16.10.2017	11:00:00	13,49601158
16.10.2017	12:00:00	13,38566486
16.10.2017	13:00:00	13,28644961
16.10.2017	14:00:00	13,41386151
16.10.2017	15:00:00	13,06797429
16.10.2017	16:00:00	12,62379052
16.10.2017	17:00:00	11,92299640
16.10.2017	18:00:00	12,00164899
16.10.2017	19:00:00	11,31261449
16.10.2017	20:00:00	10,55636275
16.10.2017	21:00:00	9,94434327
16.10.2017	22:00:00	9,16090010
16.10.2017	23:00:00	7,56238670
16.10.2017	0:00:00	5,94208040

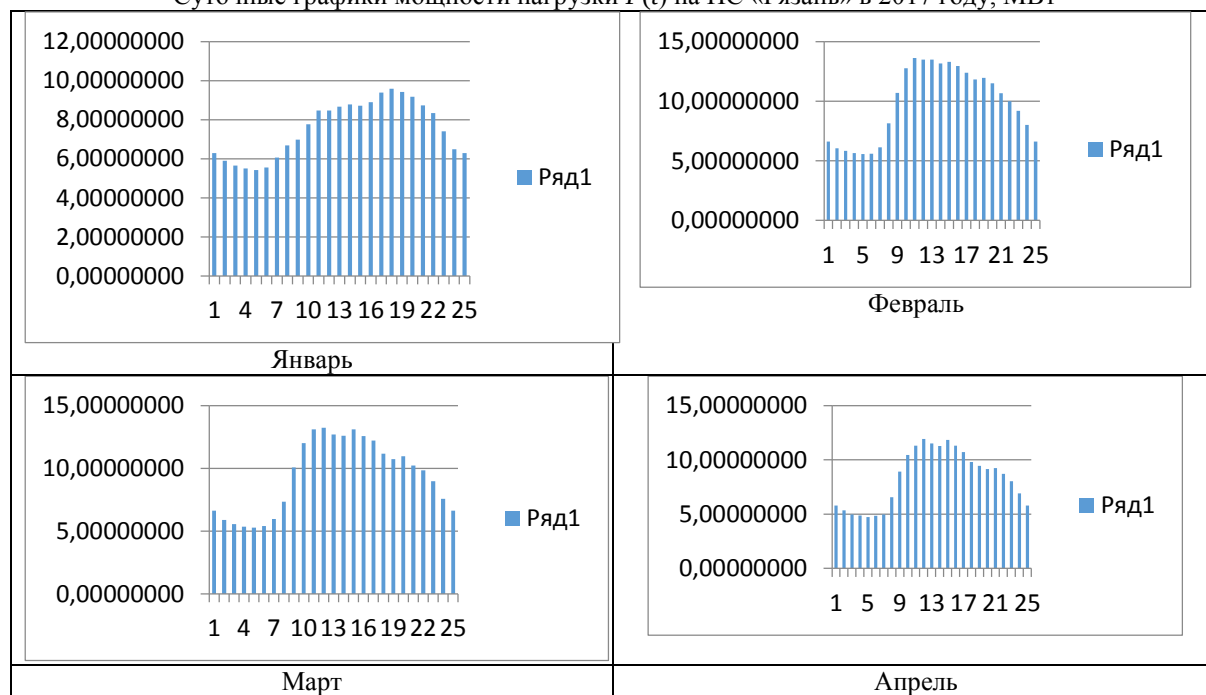
Табл.11. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.11.2017)

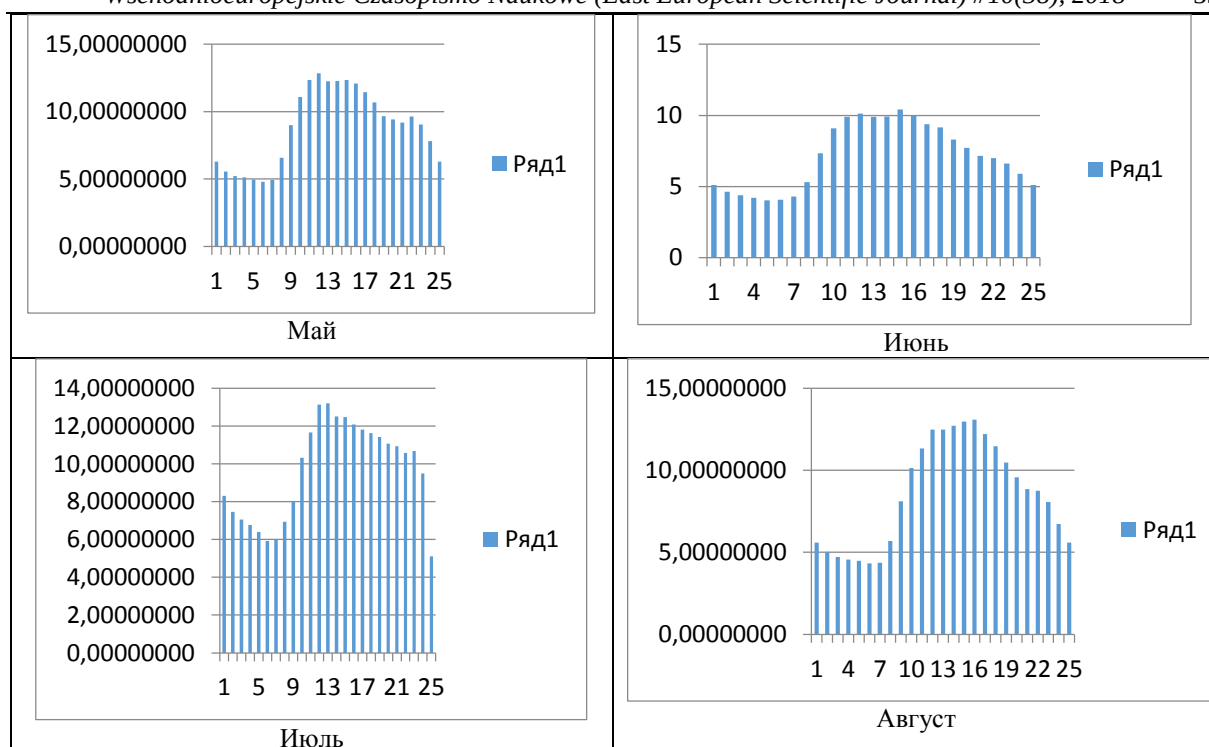
Дата	Время	Мощность нагрузки Р, МВт
15.11.2017	0:00:00	5,94208040
15.11.2017	1:00:00	5,35309242
15.11.2017	2:00:00	5,09644682
15.11.2017	3:00:00	4,93305511
15.11.2017	4:00:00	4,87504578
15.11.2017	5:00:00	4,91771342
15.11.2017	6:00:00	5,33756992
15.11.2017	7:00:00	6,70720702
15.11.2017	8:00:00	9,40400296
15.11.2017	9:00:00	11,45746387
15.11.2017	10:00:00	12,90321232
15.11.2017	11:00:00	13,49601158
15.11.2017	12:00:00	13,38566486
15.11.2017	13:00:00	13,28644961
15.11.2017	14:00:00	13,41386151
15.11.2017	15:00:00	13,06797429
15.11.2017	16:00:00	12,62379052
15.11.2017	17:00:00	11,92299640
15.11.2017	18:00:00	12,00164899
15.11.2017	19:00:00	11,31261449
15.11.2017	20:00:00	10,55636275
15.11.2017	21:00:00	9,94434327
15.11.2017	22:00:00	9,16090010
15.11.2017	23:00:00	7,56238670
15.11.2017	0:00:00	5,94208040

Табл.12. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»; 15.12.2017)

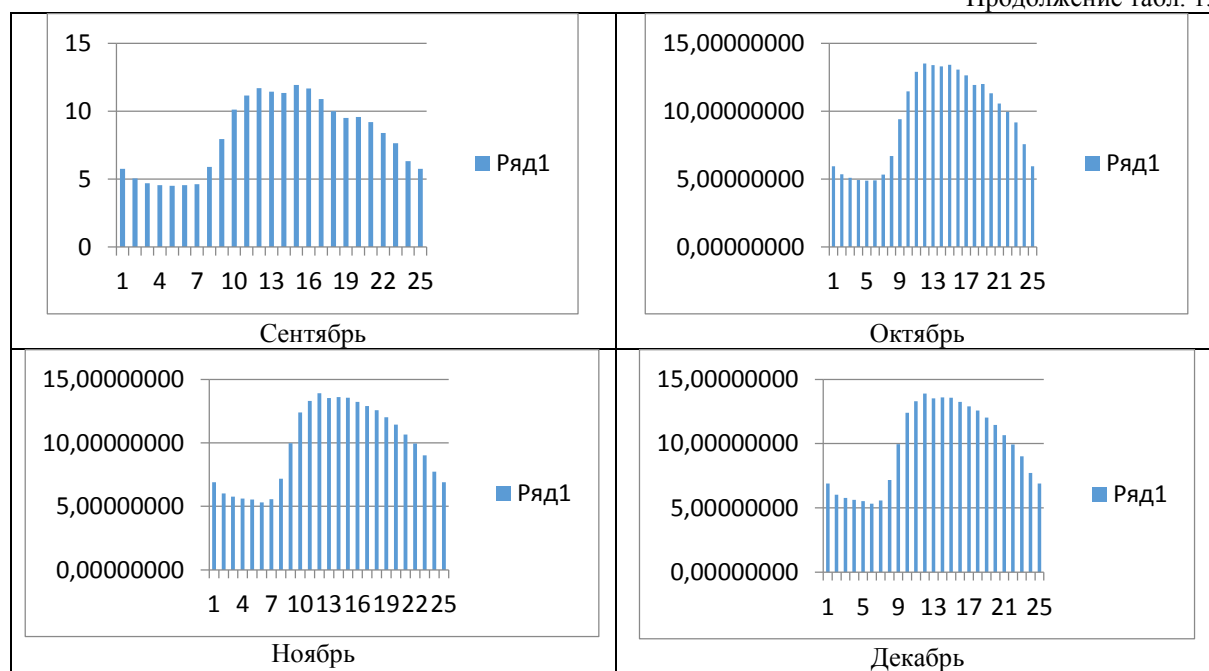
Дата	Время	Мощность нагрузки P, МВт
15.12.2017	0:00:00	6,72992224
15.12.2017	1:00:00	6,10419254
15.12.2017	2:00:00	5,81300979
15.12.2017	3:00:00	5,52042515
15.12.2017	4:00:00	5,41117987
15.12.2017	5:00:00	5,41227482
15.12.2017	6:00:00	5,76232122
15.12.2017	7:00:00	7,25438740
15.12.2017	8:00:00	10,05193346
15.12.2017	9:00:00	12,07942078
15.12.2017	10:00:00	13,57766437
15.12.2017	11:00:00	13,80299481
15.12.2017	12:00:00	13,37636321
15.12.2017	13:00:00	13,08202631
15.12.2017	14:00:00	13,40214857
15.12.2017	15:00:00	13,26825937
15.12.2017	16:00:00	12,78890877
15.12.2017	17:00:00	12,34248653
15.12.2017	18:00:00	11,53941750
15.12.2017	19:00:00	10,95124497
15.12.2017	20:00:00	10,15108813
15.12.2017	21:00:00	9,49182535
15.12.2017	22:00:00	8,92030742
15.12.2017	23:00:00	7,69619664
15.12.2017	0:00:00	6,72992224

Табл.13

Суточные графики мощности нагрузки $P(t)$ на ПС «Рязань» в 2017 году, МВт



Продолжение табл. 13



По суточным графикам нагрузки методами, изложенным в [2], определены средняя $P_{ср}$ и расчетная P_p мощность нагрузки (см. табл.14).

Полученные результаты представлены на рис. 1.

P, МВт

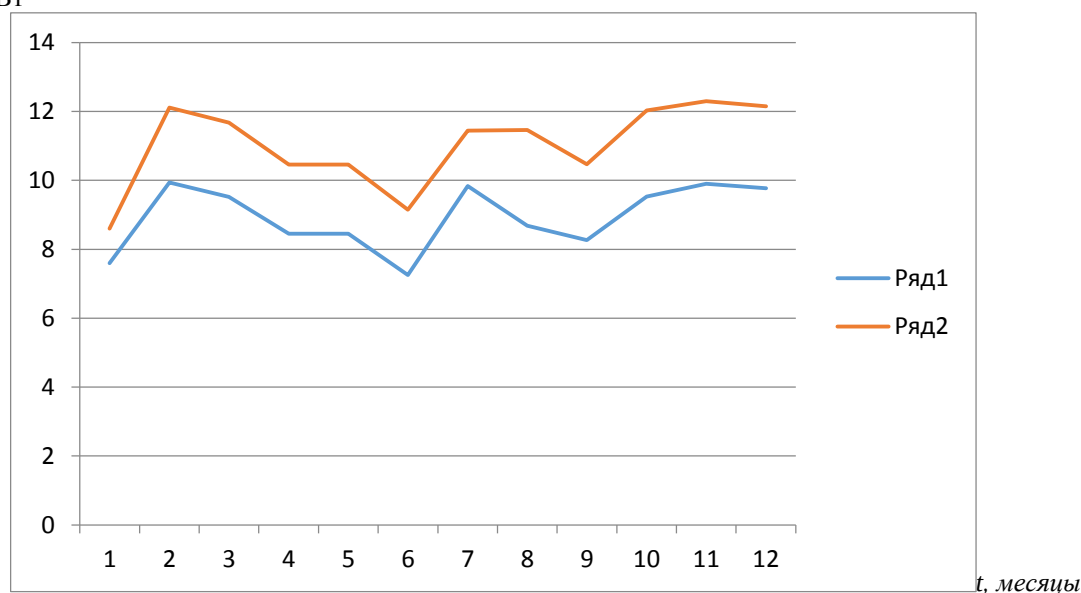


Рис. 1. Сезонные изменения средней P_{cp} и расчетной P_p мощности нагрузки:
Ряд 1 – средняя мощность нагрузки P_{cp} ; Ряд 2 – расчетная мощность нагрузки P_p

Табл.14. Исходные и расчетные данные (ПС «Рязань»)

Месяцы 2017 года	Средняя мощность нагрузки P_{cp} , МВт	Расчетная мощность нагрузки P_p , МВт
Январь	7,595	8,6
Февраль	9,938	12,115
Март	9,523	11,681
Апрель	8,448	10,4615
Май	8,448	10,4615
Июнь	7,25	9,146
Июль	9,8344	11,441
Август	8,681	11,4625
Сентябрь	8,265	10,468
Октябрь	9,528	12,031
Ноябрь	9,899	12,3
Декабрь	9,772	12,149

Литература:

1. Ермаков В.Ф., Горобец А.В., Павлов А.В. Микропроцессорный счетчик ресурса трансформаторов СРТ // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2016. – № 2. – С. 42 – 48.

2. Ермаков В.Ф., Зайцева И.В. Выбор электрооборудования по нагреву. – Ростов н/Д: ЗАО «Книга», 2018. – 176 с. – В печати.

Zatsarnyi V.V.,

Cand. of Technical Sciences, Associate Professor

Tretyakova L. D.,

Doctor of Technical Sciences, Professor

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",
37, Peremohy Avenue, 03056, Kyiv-56, Ukraine*

PROTECTION AGAINST FALLS, STROKES AND OTHER MECHANICAL INJURIES

Abstract. The analysis of textbooks and manuals on occupational safety and life security for higher educational institutions of Ukraine has shown that they do not pay sufficient attention to the issue of falling victim, namely, when walking on equal horizontal surfaces, falling from the height, as well as falling, collapse, collapse of objects, materials, rock, soil, overturning technological vehicles, the action of moving objects, flying and rotating parts.

The article analyzes mechanical injuries, which are the result of various kinds of falls, cutting, breaking, crushing, breaking, stretching, breaking, or piercing, methods and means of providing of safety in case of walking, using different adaptations for work at height, including portable ladders, tower tours, the order of their inspections are examined too. The dangers associated with the fall of various structures or unclosed objects from a height due to the spillage of individual parts of the rotating unit, or the result of rebound of objects falling on such elements, and the methods of ensuring safety in such situations are considered.

Classifier of accidents, given in Annex 4 of the Procedure for the investigation and record keeping of incidents, occupational diseases and accidents at work, in the middle of all events that led to an accident, distinguishes the victim's fall, including during movement and fall from the altitude, and also falls, collapse, collapse of objects, materials, rock, soil, overturning of technological vehicles, actions of moving objects, flying and rotating objects [1].

The analysis of textbooks and manuals on occupational safety, health and life security for higher education institutions of Ukraine, especially in the development of new curricula [2], has shown that they do not pay enough attention to this issue. Taking it into account the authors of this publication decided to consider the issues related to mechanical injuries in the workplace: the causes of accidents and injuries, protection against falls and impacts, safety of work on the ladders, eye protection and protection of other organs.

The modern industrial environment is characterized primarily by the fact that people interact with machines whose tasks are drilling, cutting, shearing, pushing, punching, fastening, sewing, stripping, shaping, stamping, and splitting such materials as metals, composites, plastics, elastomers. If the appropriate protective measures are not in place or if worker does not use these measures or does not take protective measures, these machines can cause damage to humans.

The mechanical force that damages the tissues of the body can act as compression, stretching, twisting, bending, smashing and impacting. The degree of damage to the tissues of the body thus depends on the direction and angle of force of action, the speed of movement, the magnitude and density of the traumatic object, as well as the anatomical structure and functional state of the tissues and organs that are injured. So, the muscle tension and some of the joints increase the trauma and contribute to fractures, dislocations and ruptures. If this happens, the resulting mechanical injury is usually the result of a cutting, tearing, shearing, crushing, breaking, stretching, tearing or piercing.

A cut occurs when a body touches the sharp object or its edges. The outer covering of the human body consists of the following components, starting from the outside: the *epidermis* - a strong outer body surface; *dermis* - the thickest part of the skin; *capillaries* - tiny blood vessels coming from small arteries and veins in the dermis; *arteries* - vessels that transport blood from the heart to the capillaries in the skin and *veins* - vessels

that collect blood from the capillaries and bring it back to the heart. The severity of cuts and skin ruptures depends on the damage to the skin, veins, arteries, muscles and bones.

Deeper cuts lead to **shearings**. One of the most dangerous units, leading to cuts in the body is mechanical shears for cutting paper, metals, plastics, elastomers and composite materials, which are widely used in manufacturing. These machines lead to amputation of fingers and hands when operators put his hands under the blade for adjustments or enclose the blade material and run until extraction hand.

Organ **crushing** occurs when a part of the body falls between two solid surfaces that move gradually closer together, thus breaking down everything that lies between them. Injuries from crushing can be exhausting, painful and heavily healed. Dangers that cause fragmentation can be divided into three categories: squeeze, torsion and impact.

Squeeze hazard exists where two hard surfaces, of which at least one must approach the other push close enough together to crush any object that catch between them. This process can be slow in the case of manual operation, or fast, as in the case of a metal stamping machine. Dangers of **torsion** exist where objects gradually approach, and at least one of them rotates. Gears and pulleys are examples of torsion hazards. The **impact** also leads to the fact that parts of the body can be fragmented. It happens because of the fall of heavy things on the leg or other parts of the human body, the fall of a person from a height, or, for example, through a fall of a hammer on his finger.

The result of the fall can also be broken bone, which is called a **fracture**. To broken bones can lead machines used to deform construction materials in a variety of ways. Fractures are divided into: open and closed, full and incomplete.

Closed fracture is a broken bone that does not pierce the skin. An open fracture is a fracture that pierces the surrounding tissues and skin. A complete fracture separates the bone into two or more separate parts. Incomplete one leaves the whole bone, but there are cracks in it.

Also, fractures are divided into longitudinal, sloping and crumbling. Longitudinal is a fracture along the bone. Sloping - at an angle. Crumbling - when the bone is broken into several small parts at the site of damage.

Stretching is a closed mechanical damage, which is accompanied by a rupture of fibrils, individual tendon beams, while preserving their anatomical integrity. The **rupture** is also called a complete violation of the anatomical integrity of the muscle. Tensions are also known as a partial ruptures. Stretchings and ruptures resulting from single or repeated tendon tension prevailing in its strength resistance limit and elasticity of individual elements, all tendon or its part.

There are many situations in the modern industrial environment when possible muscle tension and bonding stretchings. Muscles tension occur when muscles are overloaded or broken fibrils. Bonding stretching is the result of a tension near the joint. Tensions and stretchings cause swelling and severe pain.

Puncturing occurs when the object penetrates directly into the body and exits from it, resulting in injuries in the form of penetrating object. The greatest danger with puncture wounds is the potential danger of damage to the internal organs. Perforation devices that have sharp tools may pierce the body parts if protective precautions are not provided or not installed.

All of the above dangers and injuries caused by them can be a consequence of

a) the unwanted contact of a person with machine, its parts, elements separated from machine, etc.;

b) falls.

An unwanted person's contact with a machine may be caused by the following reasons:

a) an individual contacts with the machine, usually as a moving or rotating part, due to inattention, caused by fatigue, distraction, curiosity or other factors;

b) because of bits or elements that depart from a machine, splashes of a chemical substance or hot metal, the impact of a circular saw, etc.;

c) as a direct result of the malfunctioning of the machine, including electrical and mechanical failures.

Falls and injuries caused by them may occur during:

1. The movement of the individual on a smooth, flat surface due to the structural defect of the surface, a foreign object on it, its slipperiness or poor physical condition of the person himself.

2. Finding a person on stairs, ladders, other raised surfaces or at a height.

3. Destruction of structures, location of unfixed objects, etc. at height and their unpredictable movement that causes them to fall [3].

Falls on an even horizontal surface, as a rule, arise when workers encounter invisible foreign objects in their path. When a worker's foot hits an object, he or she stumbles and falls. When a worker's foot suddenly gets on a sticky surface or gets stuck due to a defect in the walking surface, it stops working properly, and the worker, counting on the continuation of movement at the set rate, falls. The worker also falls when the center of gravity suddenly comes out of balance, for example, a stain of oil on the floor, a skin of watermelon or orange or just a moist slippery floor will make the leg slip. This is the most common type of fall. Falls also occur when a person's leg suddenly falls down, for example, through a hole in the floor or a parquet board, or when the worker thinks he has reached the bottom of the ladder, but in fact there is another step.

Consequently, walking can be dangerous to the health of an employee if you walk on an unstable, contaminated or moving platform. A stable platform is any surface with a high level of grip and free from obstacles, and an unstable platform is one that does not have enough grip, or where there are obstacles, or both.

Maintaining order and production discipline can be a major factor in reducing the risk of falling. Water, lubricant, soap, solvents, cooling and washing liquid can reduce friction and turn a safe surface into a dangerous one. Shoes on the rubber sole can reduce the risk of slipping, but changing the type of footwear is not enough to ensure safety. Additional security measures

are required, the choice of which is due to the reasons and nature of the formation of slippery floors.

In lobbies and other areas where people come from the street, the level of danger often increases when external moisture from the rain, snow, or snow is brought by pedestrians. To reduce the level of danger can be large rugs, wide enough to make a few steps to dry the shoes to achieve a smooth surface; constant monitoring of the surface of the floor and the removal of moisture immediately after entering; replacement of polished floor with non-slip surface.

In rooms where additional moisture on the floor is formed as a result of the process, to reduce the level of danger can be arranged non-slippery floor, constant monitoring of the condition of the floor and immediate measures to clean the spills, the requirement of employees to wear shoes, resistant to slipping, checking and cleaning the floor on a regular basis[3].

The ladders facilitate the execution of many high-altitude works. However, jobs associated with the use of ladders have security issues, one of which is an increased chance of falling, including when the worker believes that he has reached the lower part of the stairs, but in fact, there is one more step. The safety of fixed stairs and safety of work on them is regulated by DSTU ISO 14122-4: 2006 [4].

To ensure the safety of the use of portable ladders, you must comply with their service requirements. This includes regular checking and testing of ladders. It is worth noting that checking ladders and testing ladders is not the same thing. Checking means an inspection of the product, while the test also includes monitoring the static load, for which a special stand is assigned, and all the results obtained after the check are recorded in the log.

There are three types of inspections: after manufacture, during operation and after major repairs (this does not include painting of the product and similar work).

For industrial metal ladders, the frequency of tests during operation is 1 time per year. As for rope and wooden models, here they are held more often - once every six months. Safety requirements stipulate that fire stairs are checked once a year, and test runs are conducted once every five years.

Persons who have been trained in safe working methods, knowledge testing on occupational safety issues, have received a certificate, have the necessary qualifications and practical skills of using portable ladders and supports are allowed to work with portable ladders and supports.

The total length (height) of the portable ladder shall provide the worker with the opportunity to work standing on a stp that is at least 1 m from the top of the ladder. Ladder length should not exceed 5 m.

The distance between the steps of ladders and supports should be no more than 250 mm and not less than 150 mm; the size of the section of the steps - not less than 40x20 mm.

The metal details of the ladder should not have cracks, burrs and sharp edges.

Cracks in the bowstrings and steps of wooden ladders and supports are allowed only in longitudinal, length not more than 100 mm and a depth of no more than 5 mm. In this case, the location and direction of cracks should not endanger the weakening of the bowstrings and steps. Insulation of cracks or fractures by spackling, pasting or otherwise is not allowed. Transverse cracks are not allowed.

Sliding ladders should have a locking device that would exclude the possibility of involuntary dissolution of ladders while working on them. Sliding ladders with wheels should have a locking device that would exclude the movement of ladders while working on them.

Work with a power tool, a pneumatic tool, a soldering lamp and a gas burner, with a montage pyrotechnic gun allowed only from the ladders (supports), which have fenced railings on the upper deck. The most effective way to perform these types of work is by means of the tower tour.

The tower tour is a tower-type construction that includes several levels at which external and internal finishing works can be performed; repair, restoration, warming and painting of facades; installation and repair of roofs and drain systems; installation and service of glass surfaces, windows, electrical installations, ventilation, air conditioning, communication systems, billboards, signs, blinds; repair and service of ships, railway cars and cars; maintenance of production facilities; transportation; create temporary transitions, stairs, scenes and other designs.

If it is not possible to firmly secure the top of the ladder, as well as when working on ladders (supports) in places with a lively movement of pedestrians or at an altitude of more than 4 m, regardless of the presence of metal tips or rubber stops at the ends of the ladder (supports), an employee should be located near ladder, who oversees the place of work, the movement of people and supports the ladder (support).

If it is necessary to install a ladder (support) against the front door, an employee should be located near it, which would protect its from shocks.

Considering the dangers associated with the falls, it is expedient to consider the dangers associated with the drop in various structures or unclosed items from the height due to the fly away of individual parts of the rotating assembly, or as a result of the rebound of objects falling on such elements.

The most effective protection of the head from this kind of "shells" is a hard hat. The hard hats are designed to provide limited impact protection primarily on the upper part of the head, and thus reduce the effect that is passed on to the head, neck and spine. It is important not only to wear hard hats, but to wear them properly. Hard hats can help reduce the risk of falling, but only if they are properly exploited.

Protective hard hats must comply with the requirements of the state standards and normative and technical documentation for a specific type of hard hats. Thus, the requirements for construction hard hats are given in GOST 12.4.087-84, to miner's hard hats - GOST 12.4.091-80, protective shockproof and industrial hard hats - DSTU EN 397-2001, DSTU EN 812:

2005, fire hard hats - DSTU EN 443: 2006. Normative requirements for the use of protective hard hats are also contained in various branch regulatory documents, in particular, in the Rules for the Use of Electrical Protective Equipment (NPPAP 40.1-1.07-01), approved by the Order of the Ministry of Labor and Social Policy of Ukraine of 25.06.2001 No. 253, Labor Protection Regulations during the execution of work at a height (HPIAOI 0.00-1.15-07), approved by the order of the State Committee for Industrial Safety on 27.03.2007 № 62 etc.

Protective hard hats shall have a printed or inscribed marking on the body (interior equipping) and information specified in the manufacturer's specifications and national standards: name or identification mark of the manufacturer; year, quarter (month) issue; size or range of sizes; standard number (for example, EN 397) and type of hard hats (usually on foreign-made hard hats).

The hard hats have to maintain their protective properties during the established lifetime specified by the manufacturer's documentation for a particular type of hard hats. The hard hat body should not deform and change its hardness due to the action of chemically aggressive substances and water.

According to GOST 12.4.128-83, the warranty period for the use of protective hard hats is not less than 2 years from the date of manufacture if the consumer complied with installed in the documentation the conditions of transportation, storage and operation. The shelf life of the hard hat made of the low pressure polyethylene from the date of their manufacture to decommissioning must be no more than: 3 years - in the open air in cold and hot climate conditions; 3.5 years - outdoors in temperate climates; 4 years - in the hot shops of metallurgical production. The term of use of hard hats from fiberglass in heated premises of metallurgical production is no more than 3 years.

Protective hard hats are not subjected to periodic operational tests, but their suitability is checked before each application through a visual inspection. The visual inspection of protective hard hats is carried out in order to detect defects, as well as to monitor their condition throughout the lifetime in accordance with the requirements of the operating documents established by the manufacturer.

The design of the hard hat allows maximum adjustment of the inside equipment inside the hard hat housing and does not interfere with wearing of other PPE, for example, safety glasses.

In the modern workplace, **eye damage** is a common and expensive phenomenon. Danger to the eyes are dust, powders, smoke (some sources of shelling, grinding, welding and woodworking); flying objects or particles (minting, cutting, grinding, forging and metal working - most of the eye injuries are caused precisely by these reasons); harmful gases, vapors and working fluids (treatment with acids or alkalis, welding works); sprinkling of molten metal (filling with babbitt, casting molten metal and dripping water into a bath of molten metal); glare, ultraviolet and infrared rays (sources of welding, metal cutting and monitoring of the operation

of the furnace); lasers (laser beams can have a dangerous effect, and different types of laser beams require different ways of protecting the eyes); electrical hazards (electric arcs and sparks).

The most common type of protective eyewear is open goggles. They may look like ordinary glasses, but they are made of glass, plastic or polycarbonate much stronger than ordinary glasses lenses. They can be worn on a recipe or without.

Polycarbonate lenses are lightweight and provide greater shock resistance, but glass lenses have a particularly good protection against infrared radiation. Therefore, the choice of lens material will depend on the production situation. Tinted lenses and lenses with anti-glare protection are available for daytime use, as well as at night when very bright light is present. There are also special coatings that prevent fogging of lenses.

Protective goggles are also available with side protection. The side-shields provide eye protection from the side. Eye-cups, side panels provide more complete eye protection, from threats that come from front, side, top or bottom.

Closed goggles are very similar to open goggles, but are closer to the eyes. They can provide additional protection in hazardous situations involving spray of liquids, gases, vapors and dust. Some models can be worn on a recipe, eye cups are made of fabric to provide better ventilation.

In some cases, full protection of the face and head of the worker is required, for example, protection against molten metal and chemical sprays. In this case, shields and masks are used to protect the face and the head.

In mechanical workshops, it is advisable to use screens for the protection of workers working in lathe and similar machines, and the portable welding screen can be located around the welding site to protect other workers from sparks and radiation [5].

Specially designed eyewash systems should be located in industries where there is a high risk of eye contamination by chemical agents (acids, alkalis, solvents, etc.). These can be fountains for washing eyes, showers, hand-held hoses for watering and medical bottles in the event of an accident. They all use a large amount of water to wash off pollutants from the eyes and should be positioned so that workers should not have to pass through the doorway, go up or down the stairs or wander between the equipment for assistance.

Serious injuries are received by workers when heavy objects fall on their feet. With our feet we walk, stand, sit, we can kneel. They withstand our weight when we jump, run, or become socks, and they are vulnerable to many types of skin diseases, cuts, punctures, burns, stretches and fractures. But the first reason is the sharp or heavy objects that fall on the leg.

Manufacturers offer many different protective equipment for various industries. Protective footwear

can prevent serious leg injuries that even lead to disability. Basically, it is designed to protect the leg and toes in the most injured areas. There are shoes that protect the toes from falling objects or pressure on the toe. The pillow between the tip of the finger and the foot creates comfort and isolation. Steel insole protects against stabs. Soles are made of a wide range of materials, depending on the nature of the workplace hazards faced by the worker. The same is the top of the footwear designed to protect against the effects of elevated temperatures, from mechanical action, from oil, petroleum products, acids, alkalis, non-toxic and explosive dust, from vibration, etc.

Literature

1. Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві. Постанова КМУ від 30.11.2011 р. N 1232.

(Some issues of investigation and accounting of accidents, occupational diseases and accidents at work. Resolution of the CMU dated November 30, 2011 No. 1232).

2. Зацарний В.В. Нові підходи до вивчення ризик-орієнтованих дисциплін у вищій школі. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: зб. наук. праць. Вип. 93 // ДВНЗ «Придніпр. держ. академія буд-ва і архітектури»; під загальною редакцією В. І. Большакова - Дніпро, 2016. – Серія: Безпека життєдіяльності. С. 184 – 190.

(Zatsarnyi V.V. New approaches to the study of risk-oriented disciplines in higher education. Building, material science, mechanical engineering: Sb. sciences works. Whip 93 // DVNZ "Pridnpr. state academy of construction and architecture "; under the general editorship of V.I. Bolshakov - Dnipro, 2016. - Series: Safety of life. Pp. 184 – 190).

3. Goetsch, David L. The Basics of Occupational Safety / David L. Goetsch. - Columbus, Ohio: Prentice Hall, 2010 - 514 p.

4. ДСТУ ISO 14122 – 4:2006. Безпечність машин. Стационарні засоби доступу до машин. Частина 4. Драми зафіксовані (ISO 14122-4:2004, IDT).

(DSTU ISO 14122 - 4: 2006. The safety of the machines. Stationary means of access to the machines. Part 4. Stairs fixed (ISO 14122-4: 2004, IDT)).

5. Левченко О. Г., Арламов О. Ю. Мобільний захисний екран для нестационарних робочих місць ручного дугового зварювання // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ДУ «ННДІПБОП», 2016. – Вип. 32. – С. 118-127.

(Levchenko O. G., Arlamov O. Yu. Mobile protective screen for non-stationary workstations of manual arc welding // Problems of labor protection in Ukraine. - K.: "NNIPBOP", 2016. - Vip. 32. - P. 118-127).

Kensytskyi O.H.

doctor of sciences (engineering), manager of department,
Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine

Hvalin D.I.

engineer,

Institute for Safety of Problems of Nuclear Power Plants
of the NAS of Ukraine

Vygovskyi O.V.

candidate of sciences (engineering), senior staff scientist,
Institute for Safety of Problems of Nuclear Power Plants
of the NAS of Ukraine

Equation Chapter 1 Section 1

Кенсицький Олег Георгиевич

доктор технических наук, заведующий отдела,

Институт электродинамики НАН Украины

Хвалин Денис Игоревич

инженер,

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины

Выговский Александр Васильевич

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНЦЕВОЙ ЗОНЕ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА SIMULATION THE ELECTROMAGNETIC AND HEAD PROCESS IN STATOR END ZONE OF TURBOGENERATOR

Summary: With help a field mathematical model the distribution of electromagnetic field and temperature in a stator core end zone of turbogenerator under load conditions at a different power factor including the conditions of reactive power consumption is investigated. Study results of distribution the magnetic induction in a machine end part are given. The average and maximum temperatures for a stator core end packets, press fingers, electromagnetic screen and press plate are determined. Redistribution of maximum magnetic induction and temperature for changes the conditions also was shown.

Key words: turbogenerator, end zone, electromagnetic field, temperature.

Аннотация: С помощью полевой математической модели исследовано распределение электромагнитного поля и температуры в концевой зоне статора турбогенератора в режимах нагрузки при разном коэффициенте мощности, в том числе в режиме потребления реактивной мощности. Приведенные результаты исследования распределения магнитной индукции в концевой зоне статора машины. Определены средние и максимальные значения температуры для крайних пакетов сердечника статора, нажимных пальцев, электромагнитного экрана и нажимной плиты. Также показаны перераспределение максимальной магнитной индукции и температуры при изменении режимов.

Ключевые слова: турбогенератор, торцевая зона, электромагнитное поле, температура.

Постановка проблемы. Актуальность, важность и нерешенность проблемы повышения надежности концевой зоны (КЗ) статора турбогенератора (ТГ) сегодня подтверждается большим количеством публикаций на эту тему и многообразием технических решений, применяемых ведущими мировыми производителями оборудования. Распределение электромагнитного поля и, соответственно, потерь и перегревов элементов КЗ определяет надежность и ресурс электрической машины (ЭМ) в эксплуатации. Нагревом крайних пакетов сердечника статора ограничиваются уровень потребления реактивной мощности ТГ в режимах недо возбуждения, а также предельное значение активной мощности и допустимая длительность асинхронного режима при потере возбуждения.

Анализ последних исследований и публикаций. Известны многочисленные исследования

электромагнитного поля КЗ ЭМ при помощи двухмерных и квазитрехмерных математических моделей [1, 3, 4, 6, 7, 11], однако на сегодня мало исследований, построенных на комплексных моделях совместного расчета электромагнитного поля и теплообменных процессов в торцевой части статора [2, 5].

Цель работы. Целью представленной работы является определение распределения магнитного поля и температуры в элементах ТЗ статора турбогенератора в эксплуатационных режимах при различных коэффициентах мощности.

Изложение основного материала. Исследования выполнены при помощи квазитрехмерной математической модели, в которой по сравнению с известными [6, 7] математически точно учтены токи и геометрия лобовых частей обмотки статора и, что особенно важно, режим нагрузки ТГ. К тому

же, разработанная модель отличается относительной простотой программной реализации.

Рассмотрены закономерности распределения электромагнитного поля и нагревов КЗ статора серийного ТГ типа ТГВ-500 [8] со стороны турбины, где магнитное поле не искажается влиянием соединительных шин и выводов (как это имеет место на стороне контактных колец). Расчеты выполнены для трех режимов номинальной активной нагрузки при различных коэффициентах мощности ($\cos \varphi = 0,85$ – режим 1, номинальный; $\cos \varphi = 1,0$ – режим 2 и $\cos \varphi = -0,95$ – режим 3, недовозбуждение). При этом учитывается реальная геометрия элементов ротора и статора, анизотропия и насыщение стали сердечника статора.

Не останавливаясь на подробном описании алгоритма построения модели, приведем основные принципы ее реализации [2, 3, 5].

Вначале рассматривается двухмерная полевая модель электромагнитного поля поперечного сечения центральной зоны ТГ. Уравнение магнитного поля относительно аксиальной составляющей векторного магнитного потенциала (ВМП) A_z в расчетной области в общем виде имеет вид:

$$j\omega\sigma A + \nabla \times (\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} \times A) = J_{\text{зстор}}^e e_z, \quad A = A_z e_z, \quad (1)$$

где ω – угловая частота; σ – удельная электропроводность; ∇ – оператор Гамильтона; μ_0 – магнитная постоянная; μ_r – относительная магнитная проницаемость; $J_{\text{зстор}}$ – плотность сторонних токов, заданная в сечениях обмоток статора и ротора; e_z – единичный орт.

Поскольку сердечник статора набран из листов высоколегированной холоднокатаной электротехнической стали толщиной 0,5 мм, то можно пренебречь вихревыми токами от радиально направленного потока. Следовательно, магнитное поле центральной части ТГ в декартовой системе координат удовлетворяет уравнению Пуассона:

$$\frac{\partial^2 A_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial y^2} = -\mu J_{\text{зстор}}. \quad (2)$$

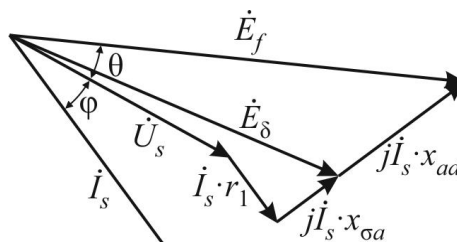


Рис. 1

На векторной диаграмме обозначены: E_f – ЭДС, наводимая полем обмотки возбуждения; $I_s r_1$ – падение напряжения на активном сопротивлении; $jI_s x_d = jI_s (x_{ad} + x_{\sigma a})$ – падение

напряжения на синхронном индуктивном сопротивлении; x_{ad} – индуктивное сопротивление реакции якоря по продольной оси.

$$A_z|_G = 0. \quad (3)$$

В обмотке статора принята симметричная система фазных токов

$$\begin{cases} i_A = I_m \sin(\omega t + \beta); \\ i_B = I_m \sin(\omega t + \beta - 120^\circ); \\ i_C = I_m \sin(\omega t + \beta + 120^\circ); \end{cases} \quad (4)$$

где I_m – их амплитуда; β – угол между осью, вдоль которой действует магнитодвижущая сила (МДС) трехфазной обмотки статора, и продольной осью ротора d .

Угол β определяется как

$$\beta = 90^\circ + \theta + \varphi, \quad (5)$$

где θ – угол нагрузки машины; φ – фазовый сдвиг между напряжением и током статора.

Угол нагрузки θ можно найти из выражения [8]

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{I_s \cos \varphi}{(U_s / x_d) \pm I_s \sin \varphi}, \quad (6)$$

где I_s , U_s – фазные ток и напряжение статора, соответственно; x_d – главное индуктивное сопротивление; знак «плюс» соответствует режиму перевозбуждения ТГ, «минус» – недовозбуждения.

Фазный ток статора, в свою очередь, определяется как

$$I_s = \frac{P_H}{m U_s \cos \varphi}. \quad (7)$$

Ток возбуждения подбирается по методике [1]. Из векторной диаграммы ТГ (рис. 1) следует, что электродвижущая сила (ЭДС) фазы обмотки статора от результирующего магнитного потока равна

$$\dot{E}_\delta = \dot{U}_s + \dot{I}_s (r_1 + jx_{\sigma a}). \quad (8)$$

Действующее значение ЭДС фазы обмотки якоря рассчитывается как

$$E = \pi \sqrt{2} f_s \Psi_\Phi, \quad (9)$$

где $\Psi_{\Phi} = \frac{2s_{\text{пл}} I_s}{S_{\text{пл}}} \int_{S_q} A_z ds$ – магнитное по-

токосцепление фазы обмотки якоря, которое состоит из потокоцеплений q последовательно соединенных катушек и находится интегрированием ВМП по суммарной площади поперечного сечения катушек фазы S_q , имеющих токи одного направления.

Таблица 1

Номер режима	Статор							Ротор
	$I_{\text{сф}}, \text{кА}$	$P, \text{МВт}$	$Q, \text{Мвар}$	$S, \text{МВА}$	$\cos \varphi$	$\theta, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$i_f, \text{А}$
1	17	500	310	588	0,85	36,7	158,5	5090
2	14,43	500	0	500	1,0	54	144	3598
3	15,19	500	-164	526	-0,95	68,3	140,1	3020

Для заданных значений тока статора I_s и коэффициента мощности $\cos \varphi$ методом последовательных приближений подбирается ток возбуждения i_f , при котором рассчитанные по (9) и (8) величины ЭДС в пределах заданной погрешности совпадают. Величины токов в обмотках статора и ротора и угла β задаются в соответствии с режимом нагрузки генератора.

Исходные данные, рассчитанные по (5) – (7) и методике [1], сведены в таблице 1.

На рис. 2 показаны мгновенные распределения магнитной индукции (МИ) и ВМП в центральной зоне ТГ в момент времени $t = 0,02 \text{ с}$ (что соответствует одному полному обороту ротора). Оттенком

цвета показаны уровни МИ в соответствии с приведённой шкалой.

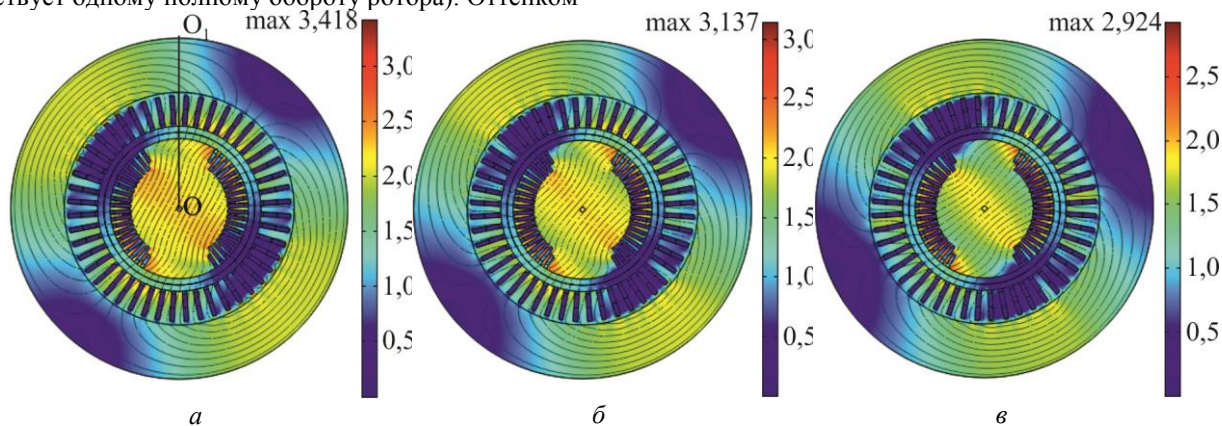


Рис. 2

Имея распределение поля в центральной части, моделируется магнитное поле в продольном сечении ТГ. С учетом симметрии вдоль осевого и радиального направлений машины, расчетная область КЗ избрана в виде половины сечения ротора вдоль его оси и сечения зубца сердечника статора в тангенциальном направлении (по окружности) [11]. Это сечение совпадает с прямоугольной координатной плоскостью XU и является плоскостью симметрии ротора (на рис. 2 она проходит по радиусу OO_1).

Уравнение двумерного поля относительно составляющей ВМП A_z , которая является тангенциальной составляющей в расчетной области, имеет вид (1). Необходимая структура силовых линий

магнитного поля формируется с помощью комплекса ГУ для ВМП, устанавливаемых для внешних пределов области [3]. Отличающаяся от нуля электропроводимость задается в пакетах сердечника статора, нажимном пальце, электропроводном экране и нажимной плите, что позволяет учесть вихревые токи, наведенные аксиальными магнитными потоками лобовых частей обмоток. Влияние режима работы ТГ учитывается при задании величин токов в обмотках статора и ротора, угла β и ГУ.

Одновременно задается распределение магнитной проницаемости по радиусу $OO_1 - \mu|_{OO_1}$, изменяющейся вследствие разного насыщения отрезков магнитопровода основным магнитным потоком.

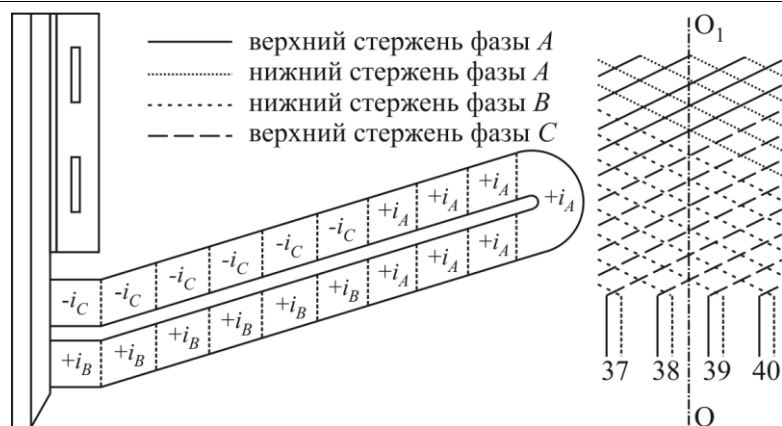


Рис. 3

На рис. 3 показаны направления мгновенных фазных токов i_A , i_B , i_C лобовой части обмотки статора для режима нагрузки и часть схемы этой обмотки, вдоль которой проходит сечение OO_1 (для наглядности фазы показаны разными линиями).

Токи лобовой части обмотки статора (рис. 3) меньше принятых токов системы (4) в $\sqrt{2}$ раза, так как лобовые части отогнуты в среднем на 45° . То есть они представляют собой действующие значения фазных токов с соответствующим углом β .

В результате расчетов получены распределения магнитного поля в КЗ ТГ в режимах нагрузки при разных значениях $\cos \varphi$. Рис. 4а, б, в соответствует режимам 1, 2, 3.

Поскольку нажимная плита, нажимные пальцы и медный экран являются областями протекания вихревого тока, проводим электромагнитный расчет в указанных областях. Плотность тока каждого элемента расчетной области составляет

$$J^e = -j\omega\sigma_e A^e + J_{z\text{top}}^e \quad (10)$$

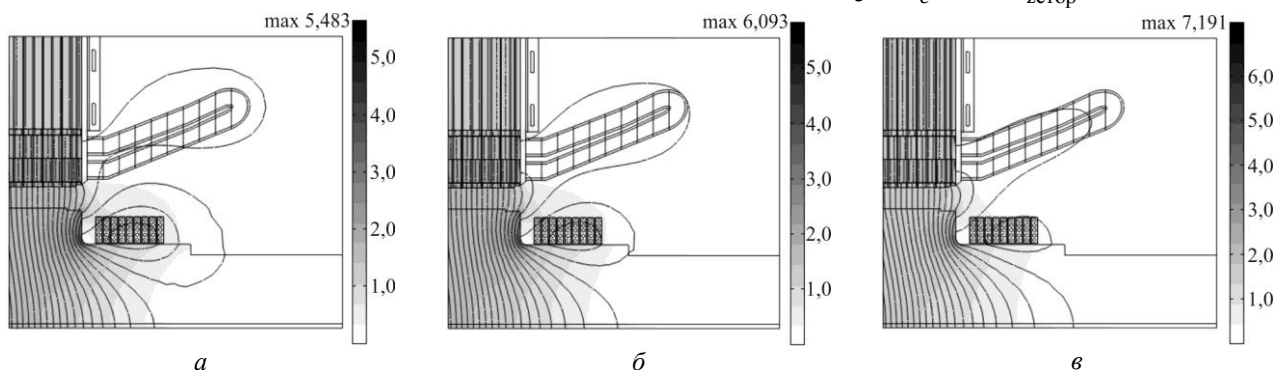


Рис. 4

Согласно теории электрических машин [8, 10] рассчитываем средние потери на вихревые токи от радиально направленного потока в соответствующих областях.

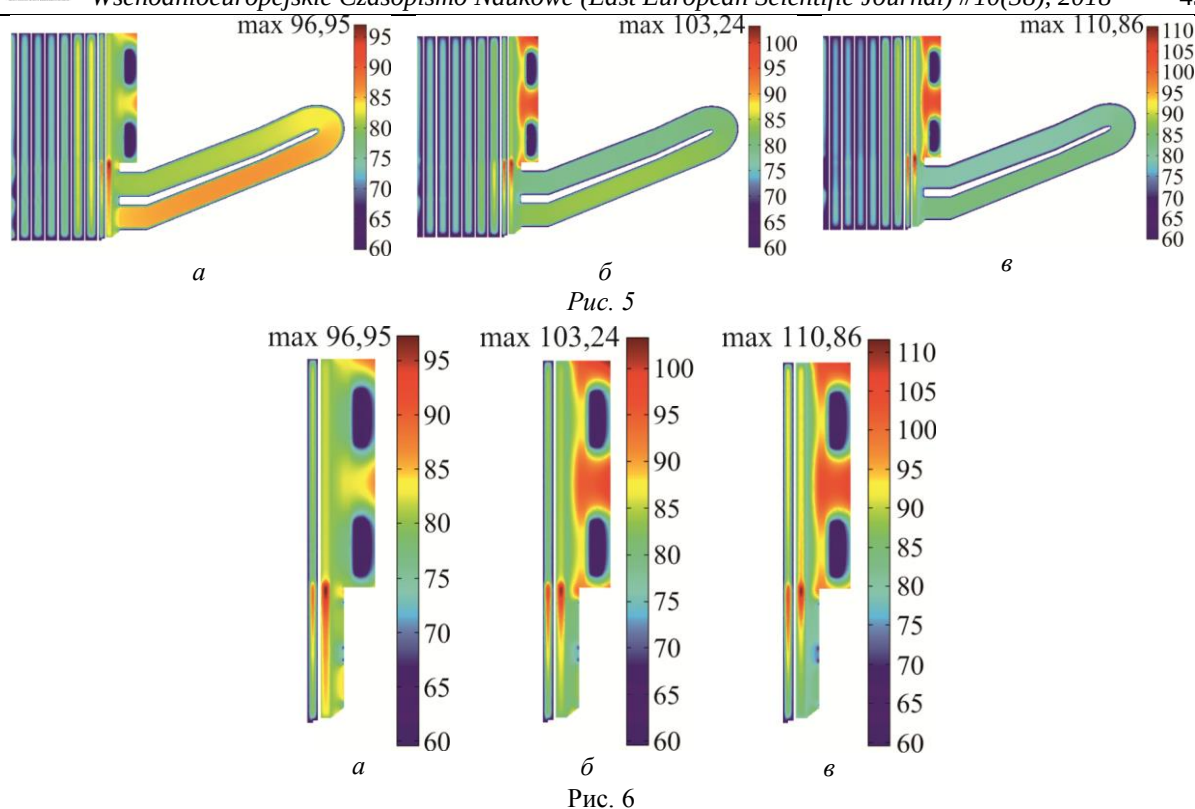
Принимая полученные результаты электромагнитного расчета в качестве источников тепла, моделируются теплообменные процессы в КЗ ТГ. Уравнение для двухмерного температурного поля имеет вид:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(-k \nabla T) = Q, \quad (11)$$

где ρ , C , k – коэффициенты теплофизических характеристик: плотность, теплоемкость и теплопроводность, соответственно; T – температура; Q – удельные объемные тепловые потери.

Рассматриваемый ТГ имеет радиальную систему вентиляции, то есть холодный газ подается в радиальные каналы и зазоры между нажимными пальцами со стороны зазора с дальнейшим движением в сторону спинки сердечника. Принята температура холодного газа 40°C . Коэффициенты теплоотдачи с поверхностей элементов конструкции и вентиляционных каналов брались в соответствии с рекомендациями [8, 9].

В результате расчетов получаем распределение температур в КЗ ТГ: рис. 5а, б, в соответствуют режимам 1, 2, 3. На рис. 6а, б, в, соответственно, для наглядности показаны распределения нагревов двух крайних пакетов, нажимного пальца, медного экрана и нажимной плиты.



Таким образом, с помощью разработанной модели можно получить распределение и параметры магнитного поля и нагревов для отдельных элементов и узлов КЗ в разных режимах нагрузки ТГ.

В результате проведенных численных исследований обнаружено, что наибольший рост индукции в зубцах при переходе от режима 1 к режиму 3 наблюдается в коронках (на 30 %), несколько меньше – в средней части (на 20 %). В ярме вблизи области дна паза индукция увеличивается на 70 %. При номинальной активной нагрузке и переходе от режима 1 к режиму 2 поле во всех элементах КЗ в среднем увеличивается на 10 %.

Это объясняется тем, что кроме радиального поля зубцовая зона нагружена аксиальным потоком, созданным МРС лобовых частей обмотки статора, рассеиванием лобовых частей обмотки ротора, а также «выжиманием» части основного потока из воздушного зазора. Результирующее аксиальное поле в КЗ является геометрической суммой всех составляющих, чем обуславливается его зависимость от режима нагрузки генератора (в том числе по $\cos \varphi$). В режимах перевозбуждения аксиальная составляющая поля от токов лобовых частей обмотки статора имеет знак, противоположный знаку поля результирующей МДС, и поле в зубцовой зоне ослабляется. При недовозбуждении соответствующие составляющие совпадают, и поле суммируется, повышаются потери и нагрев зубцовой зоны крайних пакетов [8]. К тому же, причиной

локальной концентрации аксиальной составляющей поля в области паза является эффект экранирования поля нажимной плитой (рис. 4).

В области «нажимной палец – крайний пакет» с переходом в режим недовозбуждения индукция возрастает почти на 35 %. Во втором и третьем пакетах сердечника это возрастание заметно меньше, а в шестом пакете вообще отсутствуют. Вдоль оси генератора аксиальная составляющая МИ изменяется по экспоненте с максимумом в первом пакете и затуханием по мере удаления от торца сердечника. Повышение этой составляющей МИ в первых двух пакетах обусловлено добавлением магнитного потока, обтекающего нажимную плиту. Наибольшие увеличения индукции наблюдаются в коронках зубцов (до 2,4 Тл) и в ярме вблизи дна паза (до 2,0 Тл). В спинке сердечника индукция не превышает 1,2 Тл, что объясняется экранирующим влиянием нажимной плиты. Характер распределения магнитного поля в зоне ступенек крайних пакетов сердцевина статора при разной нагрузке ТГ свидетельствует, что в режиме 3 наибольшее значение аксиальной составной индукции (1,15 – 1,2 Тл) наблюдается у торца ступеньки первого пакета.

Максимальные и средние абсолютные температуры ($^{\circ}\text{C}$) основных элементов концевой части ТГ для разных режимов нагрузки приведены в таблице 2.

Таблица 2. Абсолютная температура, $T_{\text{макс}}/T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$

Элемент конструкции	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Крайний пакет сердечника статора	97/82	103/85	111/91
Нажимные пальцы	85/75	92/84	99/87
Электромагнитный экран	86/83	93/89	104/99
Нажимная плита	91/79	100/87	108/95

В номинальном режиме нагрузки максимальная температура ($97,3^\circ\text{C}$) наблюдается в зубцовой зоне крайнего пакета в области дна паза. Распределение нагревов нажимной плиты обусловлено наличием каналов с охлаждающей водой. Однако они эффективны лишь в локальной близости и на нагрев медного экрана существенно не влияют. Нажимные пальцы находятся в наиболее неблагоприятных условиях, поскольку частично размещены в зубцовой зоне, где магнитное поле особенно интенсивно. Нагрев нажимных пальцев характеризуется значительной продольной неравномерностью – от $25 - 30^\circ\text{C}$ в зоне экрана до $35 - 45^\circ\text{C}$ в зубцовой зоне. Поверхность пальцев, обращенная к плите, имеет температуру на $10 - 15^\circ\text{C}$ выше, чем поверхность, обращенная к сердечнику. На стороне сердечника температура поверхности пальцев вдоль всей зоны контакта с пакетами незначительно отличается от температур торцевой поверхности сердечника. С отдалением от зубцовой зоны крайних пакетов с максимальной температурой в сторону спинки сердечника температура резко уменьшается ввиду экранирующего действия нажимной плиты и медного экрана. Температура также уменьшается при приближении к зазору. Аксиальная составляющая МИ в зоне коронки зубцов достигает $0,7 - 0,75$ Тл (торец ступеньки первого пакета), однако эта зона интенсивно охлаждается циркулирующим в зазоре газом. Распределение температуры в пакетах, удаленных от торца сердечника, достаточно равномерно как по его длине, так и в радиальном направлении.

При переходе от режима 1 к режиму 2 значения температуры в зубцовой зоне повышаются в среднем на $7 - 10^\circ\text{C}$, а в области ярма остаются почти неизменными.

Нагрев области «нажимная плита – экран – нажимной палец – крайний пакет» резко повышается при переходе в емкостный квадрант (рис. 6). Необходимо отметить, что во втором пакете сердечника температура с изменением $\cos \varphi$ повышается незначительно, а в шестом пакете вовсе не зависит от $\cos \varphi$, что обусловлено соответствующим распределением МИ. Характерна резкая неравномерность распределения потерь по высоте пакета. При увеличении коэффициента мощности (при постоянной активной нагрузке) влияние тока ротора на формирование потерь в крайнем пакете уменьшается, однако при этом резко повышаются потоки рассеивания лобовых частей обмотки статора. В итоге это является еще одной причиной смещения максимума нагревов в область дна паза. Из расчетов можно увидеть, что уровень нагрева подпазовой зоны в режиме 3 на $20 - 25^\circ\text{C}$ выше, чем коронки. Максимальная температура зубцовой зоны в

области дна паза крайнего пакета сердечника достигает 111°C , нажимной плиты – 108°C , нажимного пальца – 99°C , что соответствует результатам натурных испытаний ТГ [8]. Аксиальная составляющая МИ в зоне коронки зубцов достигает $1,15 - 1,2$ Тл (торец ступеньки первого пакета), однако за счет того, что эта зона интенсивно охлаждается циркулирующим в зазоре газом, температура здесь невысокая.

Из всего приведенного можно сделать вывод, что нагрев элементов КЗ ТГ является крайне неравномерным, что обусловлено аналогичным распределением потерь и имеющейся схемой охлаждения. Максимальные значения температуры в отдельных элементах больше среднего почти втрое.

Выводы

1. Предложенная модель с удовлетворительной для решения практических задач достоверностью позволяет определять распределение электромагнитного поля и температуры в основных элементах конструкции торцевой части статора ТГ в разных режимах нагрузки. В целом она позволяет оценивать эффективность разных вариантов ее конструктивного выполнения.

2. Разработанная модель по сравнению с используемыми и известными на сегодня отличается более полным учетом физико-технических факторов при относительной простоте программной реализации.

3. Результаты моделирования полей в КЗ мощного ТГ отвечают общим представлениям протекания электромагнитных и тепловых процессов в ЭМ.

Литература

1. Васковський Ю. М. Польовий аналіз електричних машин. Київ: НТУУ «КПІ», 2007. 191 с.
2. Кенсіцький О. Г., Крамарський В. А., Кобзар К. О., Хвалін Д. І. Дослідження ефективності конструкцій торцевої зони осердя статора турбогенератора // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. 2018. № 50. С. 56 – 62.
3. Кенсіцький О. Г., Хвалін Д. І. Електромагнітне поле у торцевій зоні турбогенератора при зміні реактивного навантаження // Технічна електродинаміка. 2018. № 1. С. 62 – 68.
4. Кенсіцький О. Г., Хвалін Д. І. Квазітривимірна модель електромагнітного поля у торцевій зоні турбогенератора // Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. 2017. № 48. С. 59 – 64.
5. Кенсіцький О. Г., Хвалін Д. І., Кобзар К. О. Математична модель спільного розрахунку електромагнітного та температурного полів торцевої зони потужного турбогенератора // Гідроенергетика України. 2018. № 1-2. С. 32 – 35.

6. Милых В. И., Высочин А.И. Принципы расчета магнитного поля в торцевой зоне турбогенератора в различных режимах его работы // Электротехника і електромеханіка. 2010. № 3. С. 17 – 22.

7. Милых В.И., Полякова Н.В. Численные расчеты магнитных полей в торцевой зоне турбогенераторов // Вісник НТУ «ХП». 2015. № 5 (1114). С. 3 – 11.

8. Постников И. М., Станиславский Л. Я., Счастливый Г. Г. Электромагнитные и тепловые процессы в концевых частях мощных турбогенераторов. Киев: Наукова думка, 1971. 360 с.

9. Счастливый Г.Г., Федоренко Г.М., Выговский В.И. Турбо- и гидрогенераторы при переменных графиках нагрузки. Киев: Наукова думка, 1985. 208 с.

10. Титов В. В., Хуторецкий Г. М., Загородная Г. А. Турбогенераторы. Л.: Энергия, 1967. 895 с.

11. Fujita M., Ueda T., Tokumasu T. Eddy current analysis in the stator end structures of large capacity turbine generators // International Conference on Electrical Machines and Systems, November, 2009, Tokyo, Japan. Pp. 1 – 6.

Krasnoslobodtseva H. V.
graduate student

Kyiv National University of Construction and Architecture

Краснослободцева О.В.
аспірантка

Київський національний університет будівництва і архітектури

INFORMATION SUPPORT OF DESIGN AND DEVELOPMENT OF RECREATIONAL AREAS FROM THE POSITION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ТЕРИТОРІЙ З ПОЗИЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Summary: The information support of design and development of recreational areas from the position of sustainable development - the model of economic and ecological growth of humanity and environment are analyzed.

Key words: recreation area, recreation zone, information support, sustainable development, sustainable development of territories.

Анотація: Аналізується інформаційне забезпечення процесів проектування і розвитку рекреаційних територій з позиції сталого розвитку – моделі економічного та екологічного зростання людства та навколишнього середовища.

Ключові слова: рекреаційна територія, рекреаційна зона, інформаційне забезпечення, сталий розвиток, сталий розвиток територій.

Сталий розвиток – поняття, яке сьогодні можна почути не тільки в економічних і екологічних наукових або громадських колах, але і в проектних архітектурно-містобудівних організаціях та інститутах.

Насамперед, необхідно уточнити взагалі поняття сталого розвитку, оскільки на даний час навколо нього існує немало суперечливих визначень і теорій.

Вперше термін «сталий розвиток» описується у «Всесвітній стратегії охорони природи» (World Strategy of Nature Conservation), яка була розроблена Міжнародним союзом охорони природи і природних ресурсів (International Union for the Conservation of Nature) та опублікована у 1980 році.

Відповідно до формулювання, представленого у доповіді Комісії Брундтланд, це «розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби». [9]

Більш розгорнутим поясненням терміну «сталий розвиток» можна вважати наступне: це «такий розвиток суспільства, при якому поліпшуються

умови життя людини, а вплив на оточуюче середовище залишається у межах господарської ємності біосфери, отже не руйнується природна основа функціонування людства. При сталому розвитку задоволення потреб здійснюється без нанесення збитків майбутнім поколінням. Концепція сталого розвитку розглядається як передумова довгострокового прогресу людства, супроводжуваного збільшенням капіталу і поліпшенням екологічних умов. Концепція сталого розвитку передбачає розвиток регіону через самоорганізацію при рамковій (обмеженій) зовнішній підтримці, попереджуючій можливість його переходу у стан незворотної деградації середовища. Для людства в цілому ця концепція має на увазі часткове, цілеспрямоване, підтримуюче переміщення фінансових ресурсів із багатих регіонів у бідні при широкому обміні екологічними знаннями та інформацією».

Термін «сталий розвиток» є офіційним українським відповідником англійського терміну «англ. *sustainable development*», дослівний переклад якого з урахуванням контексту може бути

«життєздатний розвиток» а за сенсом — «самопідтримуваний розвиток», інколи цей термін тлумачать як всебічно збалансований розвиток. [4]

Однак існує версія, яку підтримують досить багато вчених про неточність перекладу терміну *sustainable development* як в україномовних, так і в російськомовних джерелах. У відповідності до англійських слів «*sustainable* – сталий, життєздатний, екологічно раціональний, забезпечуючий облік майбутніх потреб», «*development* – розвиток, ріст, еволюція» та їх перекладів з французької (*développement durable*) і німецької (*nachhaltige Entwicklung*) мов, термін «сталлий розвиток» в українських та російських джерелах повинен мати більш вузький зміст. Мається на увазі розвиток «триваючий» («самодостатній»), тобто такий, що не суперечить подальшому існуванню людства та його розвитку в колишньому напрямі. [8]

На думку проф. Л. Г. Мельника, існує суперечливість: «сталість» передбачає рівновагу, стабільність, а «розвиток» можливий лише при умовах постійного виходу системи із рівноважного стану.

Згідно з «Концепцією сталого розвитку України», сталий розвиток в Україні – це процес розбудови держави на основі узгодження і гармонізації соціальної, економічної та екологічної складових з метою задоволення потреб сучасних і майбутніх поколінь. [5]

Основними законодавчими актами нормативно-правової бази України по впровадженню сталого розвитку є:

- Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2015 року;
- Закон України «Про стимулювання розвитку регіонів»;
- Концепція національної екологічної політики України на період до 2020 року;
- Закони України «Про екологічну експертизу»; «Про охорону навколишнього середовища»; «Про тваринний світ»; «Про рослинний світ»;
- Методичні рекомендації щодо формування регіональних стратегій;
- Постанова КМУ Про утворення Національної ради зі сталого розвитку;
- Концепція державної регіональної політики;
- Концепція сталого розвитку населених пунктів;
- Комплексна програма реалізації на національному рівні рішень, прийнятих на Всесвітньому саміті зі сталого розвитку, на 2003 – 2015 рр. [6]

Концепція сталого розвитку не обійшла стороною і області містобудування і територіального планування. Відповідні положення отримали назву «сталлий розвиток територій», що означає «забезпечення безпеки та сприятливих умов життєдіяльності людини при здійсненні містобудівної діяльності, обмеження негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє середовище та забезпечення охорони та раціонального використання природних ресурсів в інтересах теперішнього і майбутнього поколінь». [3]

На форумі Ріо-92 (Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку, проведена в Ріо-де-Жанейро, 3-14 червня 1992 року) був прийнятий стратегічний план дій щодо сталого розвитку під назвою «Порядок денний на ХХІ століття» (англ. *Agenda 21*).

Даний документ містить рекомендації щодо архітектурного та містобудівного розвитку територій, у тому числі розвитку рекреаційних територій та належного використання наявних природних ресурсів.

Відповідно до цих рекомендацій, можна виділити основні принципи, які необхідно враховувати при архітектурному проектуванні для забезпечення сталого розвитку територій. Зокрема, рекомендується більш обширне використання місцевих екологічно чистих і безпечних будівельних матеріалів, а також впровадження енергоефективних проектів.

Відмічається необхідність редагування і прийняття нових стандартів і нормативних актів у будівництві, які дозволяють використання доступних місцевих будівельних матеріалів.

Важливим питанням також є нестача водних ресурсів, вирішення якого залежить від розробки альтернативних джерел прісної води. Вони включають в себе опріснення морської води, збір дощової води, повторне використання стічних вод і рециклінг води.

У відповідності з основними елементами системи сталого розвитку територій, сталий розвиток земель залежить від гармонізації та збалансування екологічних, соціальних та економічних факторів. (табл. 1)

Для забезпечення сталого розвитку територій у сучасних умовах слід мати на увазі наступні чотири групи факторів. (табл. 2)

Ці групи факторів зв'язані між собою, і всі разом представляють єдиний принцип екологізації територій, виробництв, містобудівного вигляду міст, а також освіти та науки. Саме тому, можна зробити висновок, що при дослідженні даної сфери, основний упор необхідно робити на принципи та напрями екологічно сталого розвитку територій. [2]

В теорії архітектури та містобудування концепція сталого розвитку міст і населених пунктів розглядається як взаємозв'язок між розвитком поселень, системою розселення і процесами громадського розвитку. [1]



Табл. 1 Схема сталого розвитку територій

Фактори сталого розвитку територій	Екологічні	Охорона біологічного різноманіття, екологічне відновлення територій, рекультивація земель, озеленення і благоустрій, зниження антропогенного впливу на природне оточення, розвиток безвідходних технологій
	Економічні	Стимуляція розвитку екологічно безпечних виробництв, інвестиції в основні фонди та людський капітал, розвиток місцевої економіки, забезпечення самокупності, самодостатності території
	Містобудівні	Обмеження поверховості будівель і зростання міст, забезпечення транспортної доступності місць праці та підприємств сфери обслуговування, забезпечення енергоефективності споруд, впровадження енергозберігаючих технологій, використання локальних джерел відновлюваної енергії
	Соціальні	Зберігання стабільності соціальних і культурних систем, соціальний захист населення, екологізація освіти, культури, мистецтва, науки і техніки, світогляду громадян, поліпшення якості життя людей на основі динамічного соціально-економічного розвитку

Табл. 1 Фактори сталого розвитку територій

В якості пріоритетних задач в організації туристсько-рекреаційних територій у рамках сталого розвитку можна виділити наступні:

- забезпечення ізоляції туристсько-рекреаційних територій від негативного впливу зовнішнього середовища та надлишкової антропогенного навантаження;
- створення ефективного інформаційного середовища вздовж туристсько-рекреаційних шляхів.

Основними принципами організації сталого архітектурного туристсько-рекреаційного середовища є наступні:

- «розумне» або раціональне використання природних і антропогенних ресурсів, збереження їх у первозданному вигляді для майбутніх поколінь;

- розвиток взаємодоповнюючих процесів щодо збереження традиційних основ життєдіяльності та впровадження туристських функцій на урбанізованих територіях;
- використання історичної і природної цінності туристсько-рекреаційних об'єктів.

В Україні концепція сталого розвитку територій найбільш розгорнуто відображена в документі "Концепція сталого розвитку населених пунктів". [7]

Згідно цієї концепції, сталий розвиток населених пунктів - це соціально, економічно і екологічно збалансований розвиток міських і сільських поселень, спрямований на створення їх економічного потенціалу, повноцінного життєвого середовища для сучасного та наступних поколінь на основі раціонального використання ресурсів (природних,

трудових, виробничих, науково-технічних, інтелектуальних тощо), технологічного переоснащення і реструктуризації підприємств, удосконалення соціальної, виробничої, транспортної, комунікаційно-інформаційної, інженерної, екологічної інфраструктури, поліпшення умов проживання, відпочинку та оздоровлення, збереження та збагачення біологічного різноманіття та культурної спадщини.

Відповідно до положень розділу IV вищезазначеної концепції, для забезпечення раціонального використання рекреаційних ресурсів, необхідно впровадження наступних заходів:

- проведення інвентаризації рекреаційного фонду України з визначенням його частини, яка може підлягати сертифікації за міжнародними вимогами і використовуватися для вітчизняного та іноземного туризму (у тому числі сільського);
- визначення територій земель історико-культурного призначення, цінних джерел мінеральних вод, ропи озер та покладів лікувальних грязей, цінних ландшафтів, рекреаційних ресурсів в межах населених пунктів і на прилеглих до них територіях, інших цінних природних територій та об'єктів; встановлюється та забезпечується відповідний режим їх використання;
- створення округів санітарної охорони в межах курортів для забезпечення збереження курортологічних ресурсів, їх охорони від забруднення, пошкодження та передчасного виснаження;
- розширення системи приміських природоохоронних територій з подвійною функцією: як легенів міст та зон короточасового відпочинку;
- врахування вимог та умов щодо розвитку і охорони рекреаційних ресурсів під час планування і забудови населених пунктів.

З метою поліпшення санітарно-гігієнічних умов пропонуються наступні заходи:

- забезпечення захисту сельбищних територій населених пунктів і курортно-рекреаційних зон від несприятливого акустичного впливу і неіонізуючого випромінювання шляхом впровадження новітніх технологій, будівництва шумозахисних споруд;
- забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану водних об'єктів у населених пунктах, у тому числі в прибережній зоні морів;
- переоснащення виробництва на основі впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій, маловідходних та екологічно безпечних технологічних процесів, високоефективних систем очищення пилогазових викидів і стічних вод, утилізації і знешкодження всіх видів відходів;
- проведення реструктуризації та реконструкції промислових комплексів на регіональному і місцевому рівнях з урахуванням екологічної ємності локальних територій.

Важливими положеннями концепції для інформаційного забезпечення процесів проектування і розвитку рекреаційних територій, є пункти розділу III, де затверджено, що одними з основних напрямів державної політики щодо забезпечення ста-

лого розвитку населених пунктів є «проведення досліджень, які б сприяли вирішенню соціально-економічних, екологічних та інших питань забезпечення сталого розвитку населених пунктів», «створення інформаційних систем по використанню наукових досліджень, статистичних та інших даних про населені пункти, передового досвіду щодо забезпечення їх сталого розвитку» та «удосконалення чинного законодавства та розроблення нових нормативно-правових актів з питань регулювання планування і забудови населених пунктів, реформування соціальної, житлової, інвестиційної політики, землекористування, охорони довкілля, діяльності органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування, громадян і юридичних осіб у сфері забезпечення сталого розвитку населених пунктів».

Проаналізувавши накопичений досвід сталого розвитку територій та його інформаційного забезпечення як в Україні, так і за кордоном, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день це питання недостатньо регулюється на законодавчому та науково-дослідницькому і проектному рівнях. Відсутні належні теоретичні засади, нормативні документи для проектування і організації та регулювання розвитку туристсько-рекреаційних зон.

Не зважаючи на те, що рекреаційні території є частиною рекреаційного регіону, все ж таки вони мають і свої певні особливості, які повинні знаходити відображення в концепціях і проектах сталого розвитку держави.

Література

1. Булатова Є. К., Ульяновський О. А. Подход устойчивого развития в истории формирования туристско-рекреационной среды. / Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 31. – С. 451-455/ [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://e-koncept.ru/2017/970105.htm>
2. Варін В. С., Шеїна С. Г., Чубарова К. В. Принципы и факторы устойчивого развития территорий. / Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Том 7, № 3. – 2015/ [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://naukovedenie.ru/PDF/91EVN315.pdf>
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Глава 1: Общие положения. Статья 1: Основные понятия, используемые в настоящем Кодексе. От 01.09.2018 г./ [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/901919338>
4. Коробко Б. Энергетика та сталий розвиток. Інформаційний посібник для українських ЗМІ./ Київ, 2007. – 40 с.
5. Малимон С. С. Основы экологии. Підручник./ Вінниця: Нова Книга, 2009. – 240 с.
6. Омаров Ш. А. О. Концепція сталого розвитку в законодавстві України та країн світу і практика її впровадження./ Ш. А. О. Омаров/ Бізнес Інформ, 2014. - № 12. – с. 85-95
7. Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів. *Постанова Верховної Ради України* від 24.12.1999 № 1359-ХІV./ [Електронний

ресурс].- Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1359-14>

8. Статий розвиток/ [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Статий_розвиток

9. Butlin John. *Our common future*. By World commission on environment and development./ London, Oxford University Press, 1987. - pp.383

Маргарян Т. Г.,
аспирант

Киевский национальный университет
строительства и архитектуры

Marharian T. H.,
Ph

Kyiv National University
of Constraction and Architecture

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ТРАМВАЯ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК METHODOLOGY MODERN TRAM'S EFFICIENCY AND COMPETITIVENESS INCREASE GENERAL PASSENGER TRANSPORT SYSTEM

Аннотация. Приняв за основу существующие методы обоснования эффективности капитальных вложений в градостроительство, предложена методика, позволяющая учесть различные факторы при обосновании эффективности инвестиций в строительство новых и развитие действующих объектов инфраструктуры городского рельсового транспорта, в частности трамвая. Основной концепцией, заложенной в методику, является определение эффективности капитальных вложений при проектировании, развитии существующих и строительства новых линий городского транспорта на основе их всесторонней технико-экономической оценки, проводимой с точки зрения капитальных, эксплуатационных затрат, значимых социально-экономических, экологических эффектов и потерь, возникающих в период строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: Городской пассажирский транспорт, современный трамвай, эффективность капитальных вложений, специальные прирельсовые вкладыши, шум, вибрация.

Summary: Having taken the present methods of capital efficiency as a basis for the research, a methodology has been suggested, taking into account different factors when justifying capital efficiency in the construction of new and the development of the existing municipal facilities of railroad transport, particularly, a modern tram. The key concept, built into the methodology in question, is the assessment of capital efficiency in the process of development of the existing and construction of the new lines of municipal transport, on the basis of their in-depth technical and economic assessment, carried from the viewpoint of capital and operational costs, significant social and economic, ecological effects and losses, occurring in the process of construction and maintenance of transportation facilities. New methods of increasing the competitiveness and efficiency of modernization of the existing and constructing of the new tram lines in cities were justified.

Keywords: Municipal passenger transport, modern tram, capital efficiency, specialized fillers adjacent to a railway line, noise, jittering.

Мировые тенденции предполагают восстановление трамвая в различных его вариациях транспортной системы города: наземный уличный, эстакадный, скоростной, междугородний, система трамвай-железная дорога и т. д. Развитие трамвая идет по пути создания линий, позволяющих полностью реализовать динамические качества нового подвижного состава и обеспечить следование подвижного состава с высокими скоростями [1–3, с.29, с.28-43, с.218-222]. Трамвай – единственный вид наземного пассажирского транспорта, который технологически в состоянии обеспечить в зонах плотной городской застройки значительные объемы перевозок при разумных затратах на инвестиции и эксплуатацию. Признав приоритетность развития трамвая в городах, необходимо разрабатывать и осуществлять меры, повышающие его конкурентоспособность по всем направлениям, в том числе и по снижению негативного влияния на

окружающую среду внедрение современных конструктивных элементов.

Европейский опыт обоснования эффективности строительства новых и развития существующих линий городского транспорта также направлен на разработку и внедрение комплексных стратегий с учетом экономических, социальных и экологических взаимосвязей, поощрение и обеспечение устойчивых, дружественных к экологии и энергоэффективных мероприятий для городского транспорта. В нашей стране в 1970–1980-е годы эффективность использования различных видов транспорта определяли согласно типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой технике, т. е. только по приведенным строительно-эксплуатационным затратам. Дополнительные факторы не учитывались, так как носили качественный характер.

Для решения многокритериальной задачи оценки эффективности инвестиций в различные мероприятия по повышению конкурентоспособности трамвая могут применяться разные методики. В частности, уже устоявшиеся подходы к проведению технико-экономического обоснования, основанные на расчете разных показателей эффективности инвестиционных проектов, позволяющие учитывать социально-экономические и экологические аспекты проведения разнообразных мероприятий при переводевозникающих эффектов или ущербов к денежному эквиваленту [4, с. 102-108]. В настоящее время обоснование эффективности мероприятий по повышению конкурентоспособности современно

$$DZ_v = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{t_v} K(1+E)^{-(t-1)} + \sum_{t=1}^T \text{ОП}_t (1+E)^{-(t-1)} + \sum_{t=t_v}^T C_t(1+E)^{-(t-1)} + \sum_{t=t_v}^T K_{ti}(1+E)^{-(t-1)} - \sum_{t=t_v}^T \Delta_t(1+E)^{-(t-1)} - \sum_{t=t_v}^T D_t(1+E)^{-(t-1)} + \sum_{t=t_v}^T Y_t(1+E)^{-(t-1)}$$

где v – порядковый номер рассматриваемого варианта; K – капитальные затраты, учитываемые при оценке сравнительной эффективности, млн грн.; ОП $_t$ – операционные потери в период выполнения строительных, ремонтных работ, млн грн.; C_t – затраты на содержание, млн грн.; K_{ti} – затраты на осуществление i -го ремонта, млн грн.; Δ_t – социально-экономический эффект, млн грн.; Y_t – экологический ущерб, млн грн.; D_t – доходы транспортных предприятий, млн грн.; T – расчетный период, год; t – порядковый номер шага расчетного периода; t_v – срок строительства сравниваемых вариантов, год; i – порядковый номер ремонта ($i = 1, \dots, k$); E – безрисковая социальная норма дисконта в относительных единицах измерения.

Проведя анализ математической модели оценки эффективности мероприятий по строительству новых и модернизации существующих линий трамвая, с целью повышения его конкурентоспособности на рынке транспортных услуг, можно выделить ряд направлений, позволяющих повысить его эффективность и конкурентоспособность: снижение капитальных и эксплуатационных затрат, понижение дополнительных капитальных вложений, направленных на уменьшение негативного влияния на экологические системы города, увеличение дохода транспортных предприятий и социально-экономического эффекта.

Длительное время трамвай считался одним из самых основных источников шума и вибрации, а с учетом значительной стоимости инфраструктуры трамвая и одним из самых дорогих. Однако современные конструктивные решения как ходовых частей трамвая, так и элементов конструкции трамвайных путей привели к значительному изменению ситуации в пользу трамвайного сообщения. Создание современных конструкций трамвайных путей требует применения таких конструктивных элементов, которые не только увеличивают экономическую эффективность конструкций, но и существенно понижают негативное воздействие на окружающую среду, в частности вибрацию и шум при взаимодействии пути и подвижного состава.

менного трамвая можно осуществлять, руководствуясь «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов» [5, с. 20]. Согласно этих рекомендаций, которые дают возможность выбрать наиболее рациональное решение из числа анализируемых вариантов при учете только изменяющихся по вариантам частей затрат и результатов, что снижает трудоемкость оптимизации решения.

Для решения рассматриваемой задачи в качестве критерия оценки сравнительной эффективности можно принять минимальное значение показателя интегральных дисконтированных затрат (ДЗ), которое определяют по следующей формуле:

Шумность трамвая – следствие неудовлетворительного состояния путей и некачественного ремонта подвижного состава. Внешний шум трамвая при движении по путям на щебеночной засыпке со скоростью 40 км/ч на расстоянии 7,5 м от рельсов и высоте над рельсами 1,25 м составляет 81 дБА, а при скорости 60 км/ч – 86 дБА. Если между рельсами применено асфальтовое покрытие, то уровни шума трамвая при скорости 40 км/ч составляют 87 дБА, а при скорости 60 км/ч – 91 дБА. Во время движения трамвая по бетонному мосту уровни шума в среднем возрастают на 4 дБА.

В Финляндии количество людей, на организм которых оказывает негативное воздействие шум, оценивается по следующей схеме:

- шумовое воздействие 55–65 дБА окажет воздействие на 33 % населения;
- шумовое воздействие 65–70 дБА окажет воздействие на 50 % населения;
- шумовое воздействие свыше 70 дБА окажет воздействие на 100 % населения.

При использовании финской модели (или аналогичной шведской) оценка шумового загрязнения выполняется таким образом:

1) определяется количество людей, проживающих в зоне шумового загрязнения;

2) рассчитываются затраты, являющиеся следствием снижения производительности и ухудшения здоровья из расчета 5000 финских марок на 1 человека в год. Учитывая этот фактор при планировании, можно оценить экономическое влияние шумового загрязнения от проекта, запланированного к осуществлению в густонаселенном районе.

Таким же образом можно вычислить экономическую прибыль от проведения мероприятий по снижению уровня шума.

Защита среды обитания от негативного воздействия трамвая может быть пассивной и активной. В первом случае это меры, осуществляемые для защиты объектов от неотвратимо возникающих (состоявшихся) факторов воздействия (шумозащитные экраны, защитные посадки деревьев и т. п.), во втором – меры, позволяющие уменьшить количественную характеристику воздействия или исключить ее вообще за счет существенных изменений,

относящихся непосредственно к источнику (изменение в конструкциях подвижного состава, дорожных и путевых устройств), а также замена источника воздействия, реализация принципа приоритетности развития видов транспорта.

В качестве пассивных методов для уменьшения уровня шума следует применять шумозащитные экраны. Стоимость применяемых конструкций экранов из ПВХ зависит от высоты ограждения и сложности монтажных работ. В основном используются экраны высотой от 2,0 до 3,5 м, для снижения уровня шума на 5–7 дБА.

В качестве активных методов уменьшения негативного воздействия трамвая на окружающую среду [6–8, с. 35, с. 17, с. 77–79], в частности понижение шума и вибрации в источнике образования возможно выделить следующие способы:

- шлифование поверхности рельсов. С его помощью устраняются неровности в виде волнообразного износа, влияющие на интенсивность шума качения;
- звукоизоляция, вибродемпфирование и виброизоляция рельса за счет применения подошвенных и боковых профилей;
- лубрикация (своевременное нанесение антифрикционного наноматериала (смазка)) стрелочных переводов и кривых малых радиусов с целью снижения интенсивности износа, уровня шума и вибраций [9, с. 78–78].

Основным методом, влияющим непосредственно на источник шума, является использование вкладышей двух видов: подошвенные, предназначенные для установки под подошву рельса, и боковые (наружные и внутренние) для установки в пазухи рельсов при укладке нового пути или ремонте старого. Они служат для фиксации рельса, погашения шумов, вибрации рельса и для предотвращения разрушения примыкающего дорожного покрытия. Преимущества использования упругих элементов – значительное снижение шума и вибрации, что повышает комфортность поездок, а также проживание в близлежащих зданиях [10, с. 47–49]. Применение длинномерных элементов увеличивает производительность труда, что влечет сокращение сроков и стоимости работ.

Вкладыши должны обладать следующими свойствами: водонепроницаемостью, демпфированием колебаний, эластичностью, жаропрочностью, устойчивостью к коррозии и противогололедным реагентам.

Помимо понижения уровня шума применение современных конструкций трамвайных путей на монолитном железобетонном и фибробетонном основаниях позволяют значительно уменьшить суммарные капитальные и эксплуатационные затраты за период жизненного цикла конструкций [8, с. 77–79].

Для оценки экономической эффективности применения современных конструкций трамвайных путей на монолитном основании с использованием специальных прирельсовых вкладышей нами

было выполнено сравнение оценки вариантов мероприятий по повышению эффективности и конкурентоспособности трамвая:

первый – базовый вариант, в качестве которого принята конструкция трамвайного пути на деревянном шпальном основании, изолированными специальными вкладышами, рельсами типа РТ62 с покрытием из железобетонных плит [13, 14];

второй – конструкция на монолитном основании из фибробетона, рельсы РТ62, изолированы специальными вкладышами;

третий – конструкция на деревянном шпальном основании, рельсы РТ62, с покрытием железобетонными плитами с устройством шумозащитных экранов [12, с. 51–54].

Сравнение показывает:

1) величина интегральных дисконтированных затрат по первому варианту – 850 тис грн., по второму – 800 тис грн., по третьему – 1,2 млн грн.;

2) при реализации мероприятий по повышению конкурентоспособности трамвая, в частности понижения шума на 5–7 дБА, снижения эксплуатационных затрат за период жизненного цикла, с помощью применения современных конструкций трамвайных путей на монолитном основании из фибробетона эффективность трамвая по сравнению с базовым вариантом повышается;

3) при реализации мероприятий по повышению конкурентоспособности трамвая, в частности снижения шума на 5–7 дБА с помощью применения шумозащитных экранов, эффективность использования современного трамвая по сравнению с базовым вариантом уменьшается.

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы: современные конструкции трамвайных путей на монолитном основании из фибробетона наиболее эффективны для повышения конкурентоспособности трамвая на рынке пассажирских перевозок.

Обоснованы основные направления повышения конкурентоспособности и эффективности модернизации, существующих и строительства новых линий современного трамвая в городах. Определены реальные сферы использования современного трамвая, повышая экономическую эффективность и социальную привлекательность городского транспорта.

Список литературы:

1. Dudkyn Y. P. & Chernyayeva V. A. Problemy okhrany truda i geoeologicheskoy opasnosti gorodskogo transporta [Issues of labour protection and geoeological danger of urban transport]. Technologies of technosphere safety, 2014, no. 1 (53), p. 29. (In Russian)
2. Dudkyn Y. P., Chernyayeva V. A. & Doronicheva S. A. Osnovniye aspekty proyektirovaniya sistem relsovoogo transporta v gorodakh [Key aspects of rail transport system designing in cities]. Modern issues of transport system of the Russian Federation. Saint Petersburg, 2016, vol. 6, no. 1 (7), pp. 38–43. (In Russian)

3. Chernyayeva V. A. Rol relsivogo transporta v obespechenii gorodskikh passazhyrskikh perevozok. Problemy infrastruktury transportnogo kompleksa [The role of railway transport in city passenger traffic. Problems of transport system's infrastructure]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Materials of international scientific and technical conference]. Saint Petersburg, 2015, pp. 218–222. (In Russian)

4. Kolos A. F. & Chernyayeva V. A. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye vybora ratsionalnykh konstruktivnykh zemlyanogo polotna avtomobyl'nykh dorog na slabnykh osnovaniyakh. Problemy infrastruktury transportnogo kompleksa [Technical and economic justification of choosing earth roadbed rational design of highways on a weak base. Problems of transport system's infrastructure]. *Materials of international scientific and technical conference*. Saint Petersburg, 2015, pp. 102–108. (In Russian)

5. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proyektov. Vtoraya redaktsiya [Guidelines on assessing the efficiency of investment projects]. Moscow, *Ekonomyka Publ.*, 2000, 20 p. (In Russian)

6. Tytova T. S., Makarova Y. I. & Dudkyn Y. P. Ispol'zovaniye v stroitel'stve avtoklavnogo shumozashytnogo penobetona [Application of autoclave antinoise foam concrete in construction]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti* [Technologies of technosphere safety], 2014, no. 2 (54), p. 35 (In Russian)

7. Sultanov N. N. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye perspektivnykh konstruktivnykh tramvaynykh putey [Technical and economic justification of future-proof design of car track lines]. Cand. Diss. Saint Petersburg, 2015, 17 p. (In Russian)

8. Dudkyn Y. P., Paraskevopulo Y. G. & Sultanov N. N. Ispol'zovaniye fyfrobetona v konstruktivnykh

tramvaynykh putey [Fibrous concrete application in a car track line construction]. *Transport of the Russian Federation*, 2012, no. 3–4 (40–41), pp. 77–79. (In Russian)

9. Levadnaya N. V. & Chernyayeva V. A. Ratsionalniye mery i sredstva snyzheniya gorodskogo shuma [Rational measures and means for urban noise reduction]. *Transport of the Russian Federation*, 2013, no. 4 (53), pp. 76–78. (In Russian)

10. Oberveiger G. Opyt razrabotki i ekspluatatsii bezballastnogo puty [The experience of development and maintenance of a ballastless track]. *The World railroads*, 2005, no. 1, pp. 47–49. (In Russian)

11. TU 2539-00203222089–2011. “Profily rezinovykh bokovyykh dlya rel'sov tramvaynykh putey” [Technical specifications 2539-00203222089–2011. “Rubber side profiles for car track lines’ rails”]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State Transport University Publ., 2011. (In Russian)

12. Dudkyn Y. P., Paraskevopulo Y. G. & Sultanov N. N. Gorodskoy rel'soviy transport: innovatsionniye konstruktivnyye tramvaynogo puty na vydelennom polotne [City rail transport: innovative constructions of a car track on a selected railway bed]. *Transport of the Russian Federation*, 2013, no. 4 (47), pp. 51–54. (In Russian)

13. SN 2.2.4/2.1.8.566–96. “Proizvodstvennaya vybratsiya, vybratsiya v pomesheniyakh zhylykh i obshchestvennykh zdaniy” [Sanitary regulations 2.2.4/2.1.8.566–96. “Jittering, jittering in living spaces and public buildings”]. Moscow, 1996. (In Russian)

14. SN 2.2.4/2.1.8.562–96. “Shum na rabochykh mestakh, v pomesheniyakh zhylykh, obshchestvennykh zdaniy i na terrytorii zhyloy zastroiki” [Sanitary regulations 2.2.4/2.1.8.562–96. “Noise at workplaces, in living spaces, public buildings and on the territory of apartment blocks”]. Moscow, 1996. (In Russian)

УДК 620.179.143.

Новгородов Д.В., Шлеенков А.С.

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, г.Екатеринбург

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБ С КОРРОЗИОННЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПО СТАНДАРТУ СТО ГАЗПРОМ

Аннотация: В настоящей статье приводится обзор корпоративного стандарта СТО Газпром 2–2.3–112–2007, его методологических и нормативных оснований, главной концепции и технических решений, которые регламентируются обозначенным документом.

Ключевые слова. Стандарт, норматив, газопровод, оценка работоспособности, дефект газопровода, коррозионный дефект, расчет дефекта, измерение нагрузок, технические расчеты, международные документы.

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение риска аварий и отказов при эксплуатации магистральных газопроводов объективно связана с проблемой обеспечения надежности и безопасности трубопроводного транспорта. Строительство газопроводов характеризуется значительными экономическими потерями, ухудшением технического состояния линейной части и ис-

черпанием эксплуатационного ресурса. В различных специфических природно-климатических и рельефных условиях обеспечение надежной и безопасной эксплуатации магистральных газопроводов является довольно важной задачей.

Стандарт СТО Газпром 2–2.3–112–2007 [1] был разработан ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — ВНИИГАЗ» с участием дочерних обществ

ПАО «Газпром» взамен ранее разработанным рекомендациям по оценке работоспособности участков газопроводов с поверхностными повреждениями. Проект документа внесён Департаментом по транспортировке, ПХГ и использованию газа ПАО «Газпром» (Д308) и утверждён распоряжением Правления ПАО «Газпром» от 27.12.2006.

Стандарт разрабатывался для гармонизации работы дочерних обществ с точки зрения международных документов и стандартов, а также экспериментально подтверждённым методов и критериев.

В соответствии с Концепцией технического регулирования в ОАО «Газпром», утвержденной приказом ОАО «Газпром» от 01 февраля 2006 г. №31, при разработке настоящего стандарта с целью его гармонизации с международными нормативными документами использованы некоторые из экспериментально подтвержденных критериев и методов, разработанных для практического применения в рекомендациях компании DNV[2].

1. Общие положения

Стандарт СТО Газпром 2-2.3-112-2007 устанавливает методику оценки работоспособности ма-

гистральных газопроводов с коррозионными дефектами. Описанные в нём требования носят обязательный характер и предназначены для применения при проведении работ, связанных с оценкой технического состояния и проведением экспертизы промышленной безопасности эксплуатируемых магистральных газопроводов ПАО «Газпром».

Его область применения ограничивается оценкой работоспособности корродированных участков подземных и наземных газопроводов до IV категории включительно, изготовленных из сталей различной углеродности, которые используются при температурах стенки от - 40°C до + 60°C при избыточном давлении газа до 9,8 МПа включительно.

Рекомендательный характер стандарта применяется к проведению работ по обследованию и контролю технического состояния магистральных газопроводов. Документ не регламентирует оценку работоспособности корродированных участков газопроводов, которые эксплуатируются в условиях циклических нагрузок, а также оценку скорости роста коррозионных дефектов во времени.

Документ имеет широкую нормативную базу как государственного, так и корпоративного уровня таблица 1:

Таблица 1 — Нормативная база стандарта СТО Газпром 2-2.3-112-2007

Государственные стандарты	Корпоративные стандарты
ГОСТ 5272-68	СТО РД Газпром 39-1.10-088-2004
ГОСТ 15467-79	СТО Газпром 2-3.5-035-2005
ГОСТ Р 51164-98	СТО Газпром 2-3.5-045-2006
ГОСТ Р 52330-2005	

Документ содержит глоссарий, согласующийся с требованиями государственных стандартов ГОСТ, описанных выше в таблице 1.

Четвёртая часть документа содержит обозначения и сокращения, принятые в нормативе. Здесь приводится исчерпывающий перечень технических параметров, метрик и условных обозначений для формул, приводимых в документе.

В стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5272-68 Коррозия металлов. Термины

ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ Р 52330-2005 Контроль неразрушающий. Контроль напряженно-деформированного состояния объектов промышленности и транспорта. Общие требования

СТО РД Газпром 39-1.10-088-2004 Регламент электрометрической диагностики линейной части магистральных газопроводов

СТО Газпром 2-3.5-035-2005 Типовая инструкция выполнения работ по пропуску очистных устройств и средств внутритрубной дефектоскопии с использованием временных узлов пуска и приема

СТО Газпром 2-3.5-045-2006 Порядок продления срока безопасной эксплуатации линейной части магистральных газопроводов ОАО «Газпром»

2. Содержание документа

В нормативном документе описываются исходные данные о видах нагрузок и типах дефектов при оценке работоспособности и координированных участков газопроводов, методологическое обеспечение расчётных критериев и оценок, приведены расчётные схемы и методы учёта нагрузок и воздействий. Регламентируется реальный дефект на поверхности газопровода с точки зрения геометрических характеристик: длиной, шириной, глубиной, площадью проекции дефекта на продольную плоскость сечения стенки трубы и площадью проекции дефекта на поперечную плоскость сечения стенки трубы (рис.1)

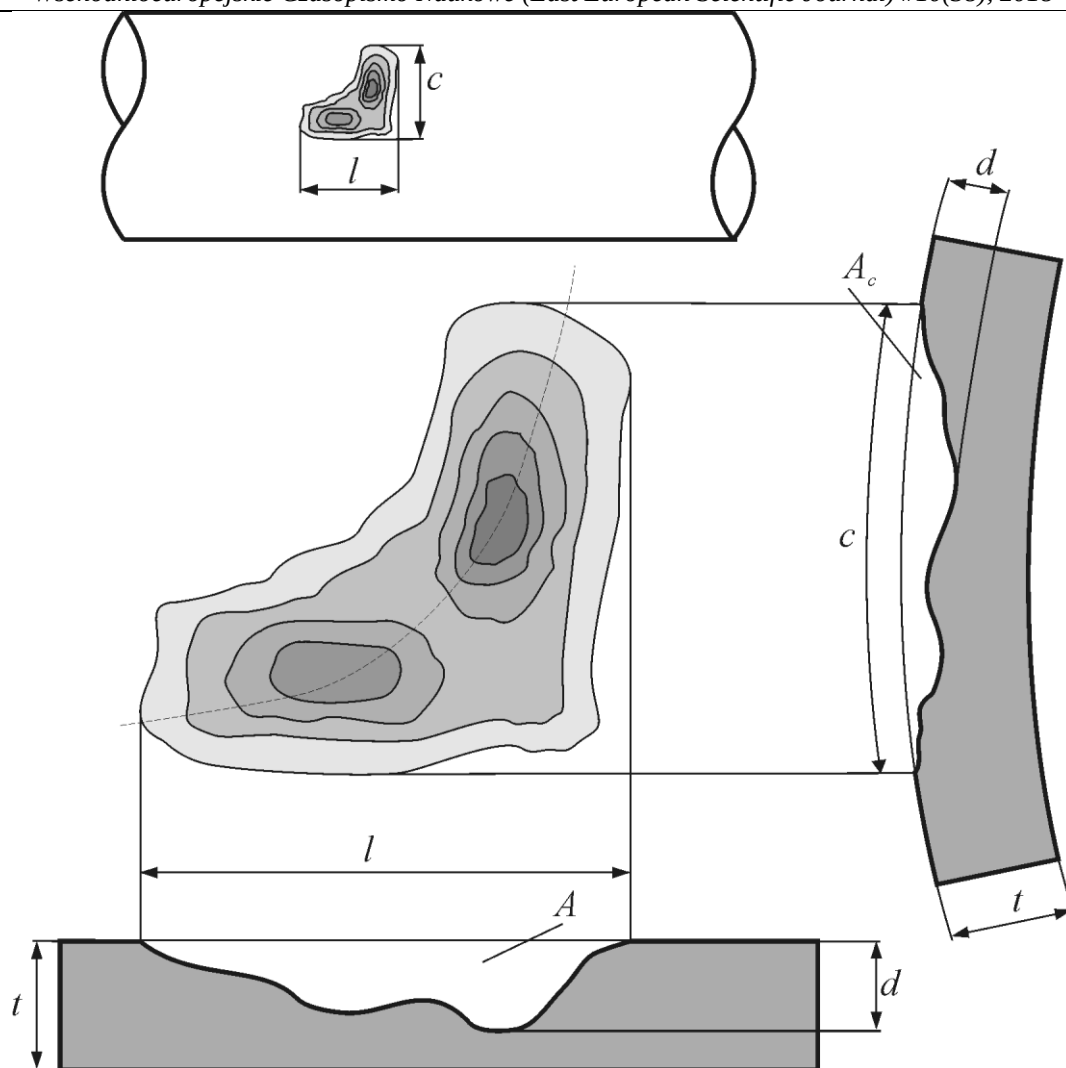


Рисунок 1 — Схематизация дефекта

На основании исходных данных и описанной методики документ закрепляет метод схематизации и оценки одиночных дефектов:

- определяется и схематизируется одиночные дефекты (рис.2);
- производится расчёт коррозионного дефекта согласно схемы на рис.2;
- приводится оценка работоспособности участка газопровода с одиночными дефектами при

учёте напряжений от внутреннего давления и проводятся технические формулы с математическим расчётом;

- приводится оценка работоспособности участка газопровода с одиночными дефектами при учёте напряжений от внутреннего давления, осевых и изгибающих нагрузок и воздействий и проводятся технические формулы с математическим расчётом.

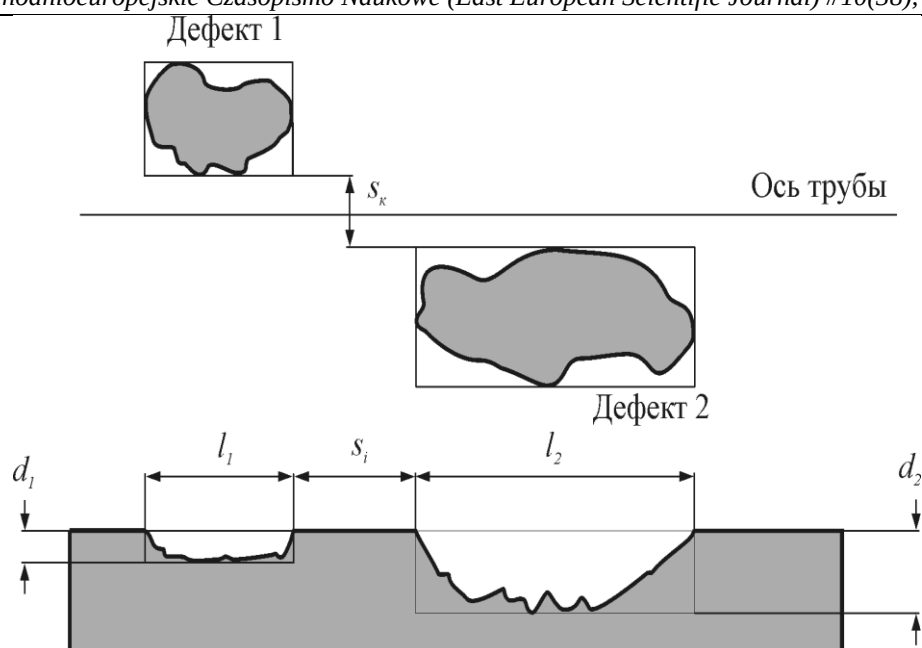


Рисунок 2 — Схематизация одиночных дефектов для определения их взаимодействия

Помимо прочего в документе определены методы схематизации и оценка групповых дефектов с учётом их взаимодействия. На основании инженерных расчётов приведены технические и математические расчёты, позволяющие произвести кальку-

ляцию взаимодействия дефектов. Приводятся примеры и алгоритмы расчётов КПД участка ГП с групповыми дефектами при учёте напряжений только от внутреннего давления (рис.3), а также при условии наличия более сложного профиля (рис.4)

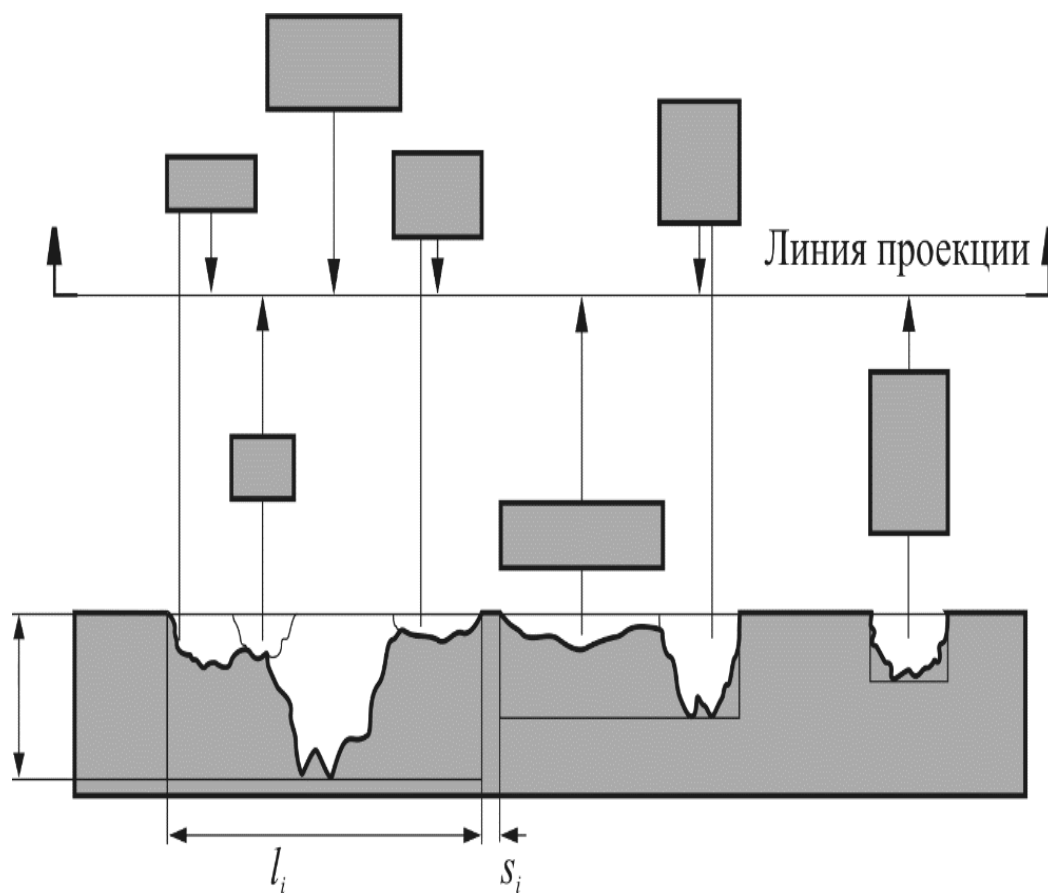


Рисунок 3 — Объединённые дефекты, вызванные внутренним давлением трубы

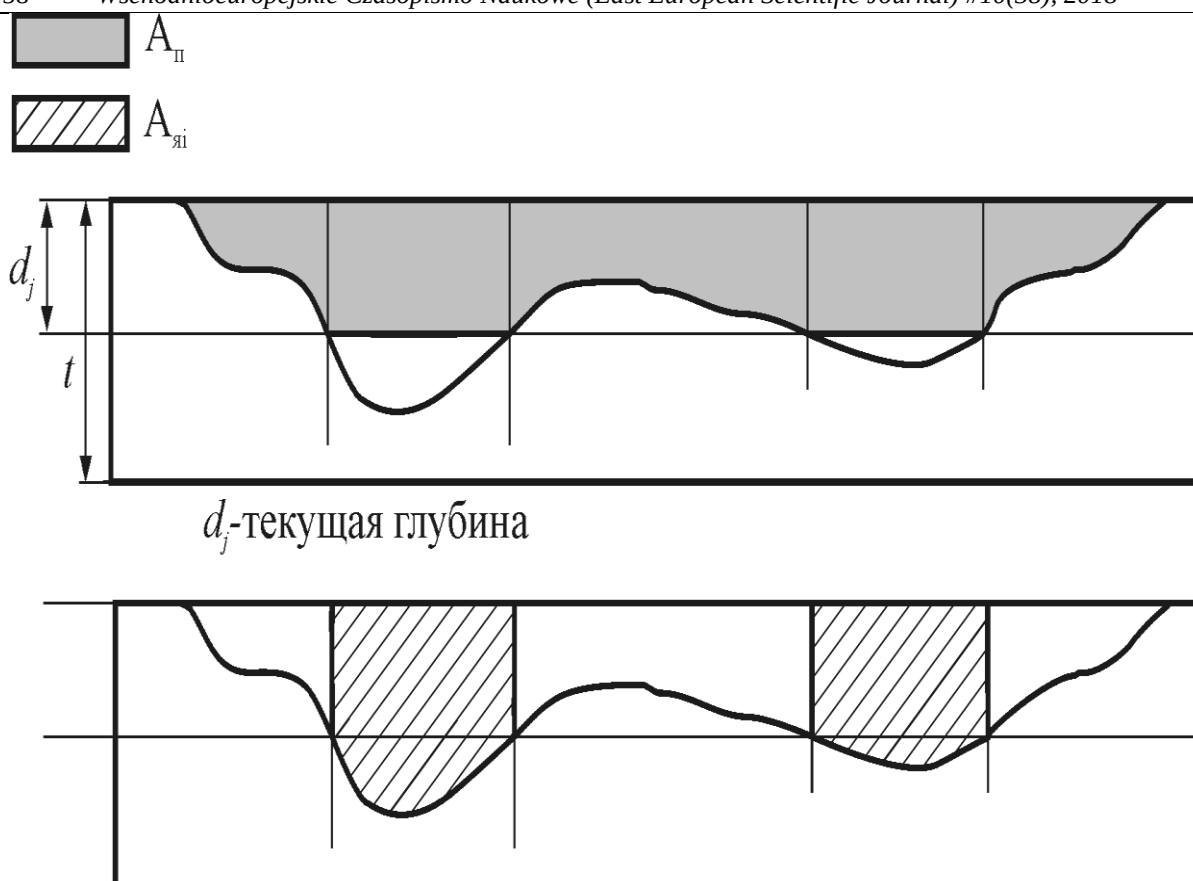


Рисунок 4 — Сложный профиль дефекта коррозионного участка трубопровода

Для сложного профиля также приводятся схемы и расчёты с учётом напряжения от внутреннего давления.

Девятая часть стандарта регламентирует технические решения на основе полученных оценок работоспособности участков газопроводов с коррозионными повреждениями, носит рекомендательный характер.

В приложениях к СТО Газпром 2–2.3–112–2007 приведены конкретные технические расчёты с конкретными цифрами, основываясь на которых можно принимать эффективные управленческие решения по решению вопросов, связанных с работой участков трубы с коррозионными дефектами.

В соответствии с методикой, отраженной в положениях рассматриваемого стандарта, оценке подлежат следующие типы связанных с потерей металла трубы локальные повреждения газопроводов, подверженных действию внутреннего давления или внутреннего давления в сочетании с осевыми и изгибающими нагрузками:

- внутренняя коррозия и эрозия в основном металле труб;
- внешняя коррозия в основном металле труб;
- коррозия в зоне сварных швов при отсутствии в них недопустимых по действующим нормам дефектов сварки, определяемых в соответствии с положениями Инструкции;
- утонение стенки, в том числе при ремонте шлифованием согласно требованиям строительных норм, при выполнении следующих условий:

а) в результате шлифования должен оставаться дефект с гладким профилем;

б) устранение исходного дефекта с помощью шлифования должно быть проверено методами неразрушающего контроля, регламентируемыми правилами проведения ремонта.

В рамках методики, отраженной в положениях настоящего стандарта, не могут быть оценены следующие типы повреждений:

- трещины и трещиноподобные дефекты;
- коррозионное растрескивание;
- недопустимые по Инструкции заводские и монтажные дефекты сварки;
- механические повреждения (задиры, царапины) и нарушения формы сечения труб (овальность, вмятины, гофры);
- коррозионные дефекты в сочетании с механическими повреждениями;
- коррозионные дефекты, расположенные в местах концентрации напряжений (патрубках, крановых узлах, тройниках, отводах, местах соединения деталей и других элементах трубопроводных конструкций с резкими изменениями геометрии);
- дефекты, глубиной более 80% номинальной (без коррозии) толщины стенки трубы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ОАО «Газпром» реализуется масштабная программа работ по продлению ресурса газопроводов с большими сроками эксплуатации. В соответ-

ствии с концепцией она включает в себе анализ исходной документации и проведение комплекса работ на потенциально опасных участках.

Для всех объектов проводится анализ нагрузок и воздействий с учетом их развертывания во времени, предыстории нагружения, взаимного сочетания. На основе разработанных расчетных моделей оценивается значимость отдельных видов нагрузок и воздействий, в том числе циклических и переменных нагрузок, вызванных эксплуатационными и природно-климатическими факторами.

Работы по оценке технического состояния являются достаточно объемными и трудоемкими в силу необходимости анализа большого массива разнородных данных, проведения диагностических и расчетных исследований.

Разработана специализированная процедура, предназначенная для получения приближенных оценок в условиях ограниченного объема исходной информации.

В показатели надежности входит информация о состоянии металла, сварных швах, изоляции, уровне напряженно-деформированного состояния, электрохимической защите и т.п.; к факторам опасности относятся сведения о категории газопровода, его технологических параметрах, наличии других газопроводов в коридоре, количестве потенциально опасных участков и т.п.

В заключение к настоящему обзору хочется отметить чёткость формулировок, новизну и актуальность технических решений и расчётов, приведённых в документе и преемственность для документа СТО Газпром 2–2.3–361–2009.

Стандарт содержит общие требования, применимые ко всем организациям, занимающимся оценкой работоспособности участков магистральных газопроводов с коррозионными дефектами.

Стандарт СТО Газпром 2–2.3–361–2009 является универсальным и применяется при различных вариантах работы газопровода.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Диагностика», № АААА-А18-118020690196-3

Список литературы

1. СТО Газпром 2–2.3–112–2007. Методические указания по оценке работоспособности участков магистральных газопроводов с коррозионными дефектами. // ОАО «Газпром», ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — ВНИИГАЗ», ООО «Информационно-рекламный центр газовой промышленности». Москва, 2007.
2. DNV-RP-F101. Recommended Practice. Corroded pipeline. Det Norske Veritas, Norway, (published 1999 and October, 2004).

Azarov S.I.

*Doctor of technical sciences, senior researcher
Leading researcher of Institute for Nuclear Research
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Sydorenko V.L.

*Candidate of technical sciences, associate professor
Professor of the Department of Prevention of Fires and Safety of Vital Activities
of the Population of Institute of Public Administration
in the Sphere of Civil Protection, Kyiv, Ukraine*

Zadunaj O.S.

*Head of center of State Research Institute for Special Telecommunication
and Information Protection, Kyiv, Ukraine*

Азаров Сергій Іванович

*доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник*

Інституту ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна

Сидоренко Володимир Леонідович

*кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності населення*

Інституту державного управління у сфері цивільного захисту, м. Київ, Україна

Задунай Олексій Сергійович

*начальник центру Державного науково-дослідного інституту
спеціального зв'язку та захисту інформації, м. Київ, Україна*

ANALYSIS AND RADIATION ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF HEAVY EMERGENCIES AT CHORNOBYL AND FUKUSHIMA NPP

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВАЖКИХ АВАРІЙ НА ЧАЕС ТА ФУКУСИМА-1

Summary: To survey the processes that took place after heavy emergencies at Chornobyl and Fukushima-1

NPPs. A thorough comparison of available estimates of radioactive emissions in space and time and ecological consequences according to different authors' publications and official reports have been carried out. Generalization and conclusions have been made. For the first time a thorough comparative analysis of radioactive emissions at Chornobyl and Fukushima emergency reactors was made. It has been shown that large discrepancies in ^{131}I and ^{137}Cs emissions dynamics estimates may be explained by spatial peculiarities of radioactive contaminated areas formation at the initial stages of the emergency, incomplete and uncertain meteorological data.

Key words: emergency, radionuclide, ecology, emission, radioactivity.

Анотація: У роботі представлено результати порівняльного аналізу радіаційно-екологічних наслідків важких аварій на Чорнобильській АЕС та Фукусіма-1. Розглянуто процес і наслідки аварії на АЕС Фукусіма-1, що за своїми екологічними наслідками порівнянна з Чорнобильською аварією, а загальний обсяг радіаційного викиду склав 15% від викиду аварії на ЧАЕС, однак у результаті вжитих заходів, дозові навантаження на населення були знижені не менше ніж у 4–5 рази.

Ключові слова: аварія, радіонукліди, екологія, викид, радіоактивність.

Постановка проблеми. Аналіз аварій на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) (Україна) і Фукусіма-1 (Японія) показав, що вони мають ряд загальних властивостей [1]. По-перше, це катастрофічно глобальні наслідки, викликані радіоактивним забрудненням. По-друге, ці катастрофи тривали досить великий проміжок часу, поки не були локалізовані. По-третє, катастрофічної події передували помилки персоналу, в тому числі і конструктивні недоробки. У той же час детальний аналіз аварій на цих АЕС дозволяє припустити, що розвиток аварійної ситуації, як небезпечний процес, можуть розділятися на одні й ті ж етапи і описуватися загальними математичними закономірностями. В першу чергу це може дозволити завчасно моделювати і прогнозувати екстремальні ситуації, виробляти пропозиції і управлінські рішення щодо запобігання аварій і катастроф, а в разі їх виникнення мінімізувати збиток і в найкоротший час відновити нормальну життєдіяльність на постраждалих об'єктах і територіях. Головне питання опису будь-якої просторово-часової ситуації полягає у визначенні мети цього опису, що дозволить відповідно до цієї мети вибрати критерії опису процесу, що розглядається. Мета опису аварійної ситуації на АЕС полягає в побудові моделі, за допомогою якої можна буде досліджувати просторово-часовий процес: задавати параметри обраної моделі, вивчити отримані вибірки тощо. У свою чергу це дозволить створювати алгоритми, що впливають на процес, який можна моделювати і в подальшому адаптувати ці алгоритми в реальному житті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як після Чорнобильської катастрофи, так і після аварії на АЕС Фукусіма-1 було проведено чисельні дослідження багатьма науковцями, вченими і організаціями щодо аналізу, моделювання, прогнозування і наслідків цих аварій, внаслідок чого був накопичений неосяжний наукомісткий матеріал, наприклад

[2]. Проте автори даної роботи вважають за доцільне провести оглядовий порівняльний аналіз зазначених аварій з метою вироблення рекомендацій щодо недопущення подібних катастроф.

Виділення невирішених частин проблеми. Процеси, що відбувалися протягом активної стадії аварій на ЧАЕС і Фукусіма-1, досі повністю не вивчені. Вимагають подальшого дослідження процеси впливу радіації на навколишнє середовище забруднених територій, міграції та трансформації радіоактивних речовин, вторинного переносу радіонуклідів через всі елементи біосфери тощо. Ці аварії визначили необхідність достовірної оцінки величини радіоактивного забруднення навколишнього середовища та радіологічних наслідків.

Формулювання цілей статті. Основною метою роботи є порівняльний аналіз радіаційно-екологічних наслідків аварій на ЧАЕС і АЕС Фукусіма-1 та вироблення рекомендацій, спрямованих на запобігання подібних аварій на АЕС за рахунок вчасно прийнятих заходів.

Виклад основного матеріалу. *Порівняльна характеристика аварій на ЧАЕС і АЕС Фукусіма-1.* Основні характеристики великих радіаційних аварій і катастроф [3, 4]:

- нехтування заходами щодо забезпечення ядерної та радіаційної безпеки;
- неправильні дії та помилки персоналу;
- недоліки проектування та існуючих технологій і конструкцій ядерних енергетичних установок;
- недосконалість науково-методичної бази та програмно-апаратних засобів;
- недосконалість (відсутність) державної (міжнародної) системи оперативного управління радіаційними ризиками.

У табл. 1 та 2 надано порівняльну характеристику подій, що розгорталися на ЧАЕС та Фукусіма-1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика активних зон та аварій на ЧАЕС і Фукусіма-1 [5]

Реактор	ЧАЕС/РВПК-1000	Фукусіма-1/ GE Mark 1 BWR
Характеристика аварії		
Паливо (склад, вигорання)	UO ₂ , 2–2,4 %, 9,4 ГВт доба/т	UO ₂ , 3–3,2 %, біля 11 ГВт доба/т
Матеріали в зоні	Двоокис урану, нержавіюча сталь, ZrNb-сплав, графіт	Двоокис урану (+ 6% плутонію на блоці № 3), циркалою
Обсяг залученого відпрацьованого ядерного палива	190 т UO ₂ , 170 т цирконію та 180 т графіту	Близько 80 т UO ₂ та 40 т циркалою
Вид аварії	Некерований розгін, самопідтримуюча ланцюгова реакція (СЛР)	Криза тепловідводу (реактор заглушений)
Момент аварії	При роботі на потужності	Через чотири доби після зупинки реактора
Обставини аварії	Конструкція, людський фактор	Припинення електропостачання під час цунамі
Поведінка палива під час аварії	Повністю зруйновано й сплавлено в теплоутворюючу масу	Частково ушкоджено (відрізняється в різних блоках)
Максимальна температура аварійного палива	Понад 2500 °С в момент аварії. За T>1200 °С парцирконієва реакція стає такою, що самопідтримується	Від 700 °С до 2800 °С в різних блоках. За T>950°С починається екзотермічна паро-цирконієва реакція

Таблиця 2. Реакція та дії у відповідь під час подій на ЧАЕС та Фукусіма-1 [6, 7]

ЧАЕС	Фукусіма-1
Помилкові дії персоналу	Розгубленість, не було вжито оперативних заходів
Неготовність реагувати в перший день	Розгубленість у перші дні
Неготовність системи реагування	Повна неготовність системи реагування
Руйнування активної зони	Руйнування активної зони
Потужний, сильний викид радіоактивних речовин	Потужний, сильний викид і скид радіоактивних речовин
Евакуація 140 тис. чоловік	Евакуація 80 тис. чоловік
Зона відчуження (30 км)	Зона відчуження (20 км)

Спочатку аварію на АЕС Фукусіма-1 було перекваліфіковано з 4-го рівня міжнародної шкали INES на 5-й – "аварія з широкими наслідками, пов'язаними з важким пошкодженням активної зони". Однак, на думку експертів МАГАТЕ та низки регулюючих органів інших країн, цю аварію слід кваліфікувати не нижче 6-го рівня – "важка аварія, значний викид радіоактивних продуктів за межі майданчика АЕС, що вимагають прийняття відповідних контрзаходів". Остаточно аварії на блоках № 1–3 були об'єднані в загальну подію, що кваліфіковано аналогічно ЧАЕС 7-м рівнем – "велика аварія" [8].

Радіоекологічні наслідки аварії на АЕС Фукусіма-1. Радіоекологічна катастрофа на японській АЕС Фукусіма-1 в березні 2011 року – найбільша радіаційна аварія в світі після Чорнобильської. Усвідомлення причин події та масштабу наслідків цієї катастрофи дозволяє отримати корисні уроки на майбутнє і сформувати зважене ставлення до подальшого розвитку атомної енергетики.

Ця аварія супроводжувалася втратою теплоносія першого контуру, перегрівом і плавленням тепловідділяючих елементів, утворенням у результаті парцирконієвої реакції водню з подальшим

вибухом гримучої суміші, що привів до пожежі і радіоактивному забрудненню навколишнього середовища. Важливим висновком цієї аварії стало те, що для забезпечення безпеки ядерних енергетичних об'єктів не можна нехтувати врахуванням навіть таких факторів ризику, прояв яких вважається вкрай малоімовірним.

Після аварії на АЕС Фукусіма-1 сформувався стійкий радіаційний фон, що у міру розвитку подій неухильно підвищувався. До 14 березня в період, коли над датчиком не було підсвічування від радіоактивного шлейфа, потужність дози була стабільною, що говорило про забруднення території, яке переважно радіонуклідами з великим періодом напіврозпаду. Кожен новий шлейф короткочасно підвищував потужність дози на один-два порядки і збільшував "стаціонарний" рівень забруднення зовнішнього середовища. Викиди в цей період сформували радіоактивний слід в північно-західному напрямку від блоку № 1. Потужність дози на відстані 30 км від АЕС досягала величини в 0,2 мГр/год, а можливо, і 0,3 мГр/год. Не виключено, що формування цього радіоактивного сліду спровокувало рішення щодо евакуації населення за

межі 20-кілометрової зони. Потужність дози на радіоактивними ізотопами йоду (рис. 1). сформованому сліді в основному була обумовлена

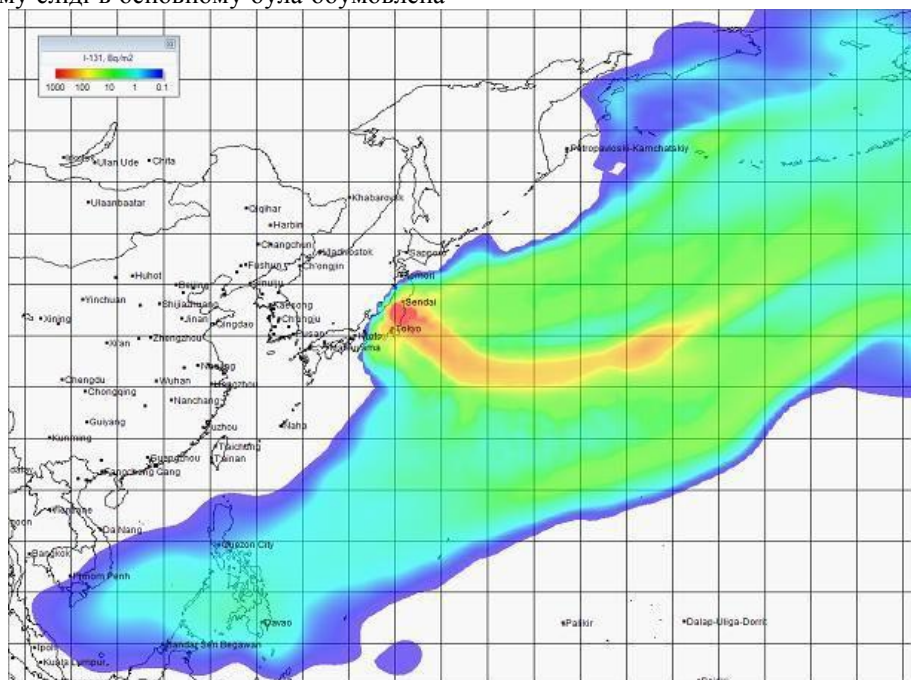


Рисунок 1 – Моделювання розповсюдження ^{131}I під час аварії на АЕС Фукусіма-1 (зона 5000 км, випадання за період з 15 по 30 березня 2011 року) [1, 9]

Вранці 15 березня нові події на АЕС (декомпресія на блоці № 2) призвели до чергового викиду радіоактивних речовин, серед яких спостерігалися

переважно радіоактивні благородні гази та йод з невеликими домішками радіоактивних ізотопів цезію (рис. 2).

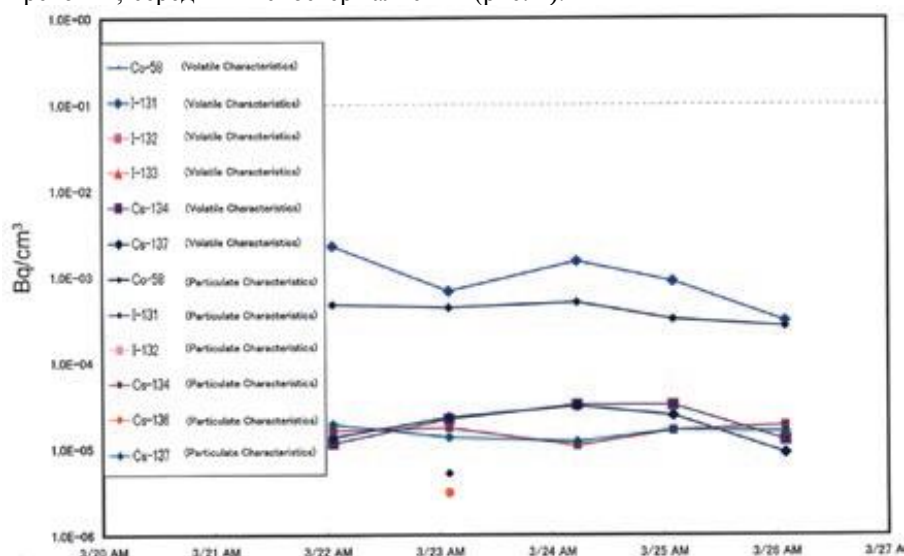


Рисунок 2 – Динаміка вмісту окремих радіонуклідів у повітрі біля головних воріт АЕС Фукусіма-1 (15 березня 2011 року) [10]

Потужність дози під час проходження радіоак-

тивного шлейфу зростала на п'ять порядків від фонового рівня (рис. 3).

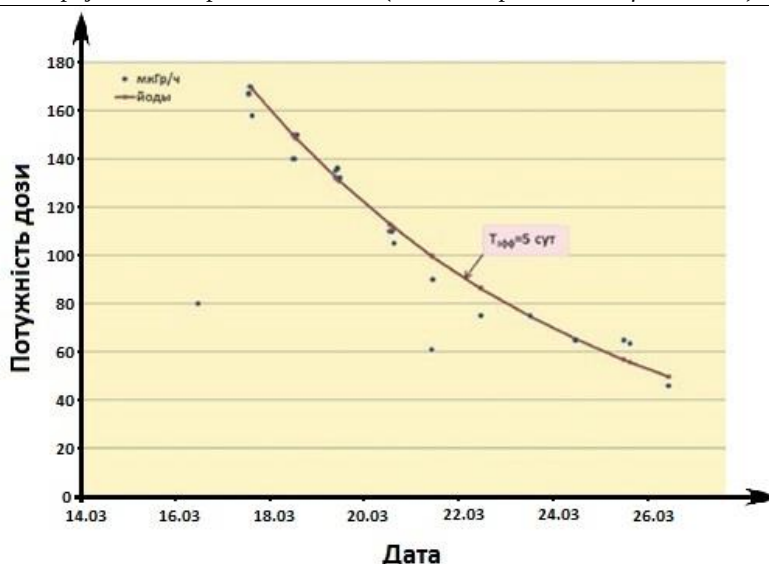


Рисунок 3 – Динаміка потужності дози на відстані 30 км від АЕС Фукусіма-1 в північно-західному напрямку, мкГр/год [11]

Рівень забруднення поверхні ґрунту виріс більш ніж на порядок від попереднього значення і став визначатися випромінюванням ізотопів йоду. Значна частина цього викиду пішла в бік Тихого океану, проте частина радіоактивних хмар зачепила південно-східну частину території Японії від АЕС. Проходження цієї хмари і залишкове забруднення поверхні ґрунту було зареєстровано на всіх 37 діючих постах АСКРО (автоматична система контролю радіаційного опромінення) префектури Ібаракі, а також, хоча і в меншій мірі, в сусідніх префектурах: районі Токіо та префектурах Канагава, Сідзуока і Тотігі.

Нарешті, 21 березня відбувся новий значний викид, що зачепив території на півдні від АЕС. Всі інші викиди, якщо вони були, відносило в Тихий океан. До 29 березня нових викидів з АЕС, що залишили слід на території Японії, не зареєстровано. У результаті поширення газоаерозольних викидів з аварійної АЕС на території Японії сформувалися два сліди радіоактивних випадіння:

- в північно-західному напрямку, завдовжки до 50–60 км;
- в південно-західному напрямку, протяжністю до 200–250 км.

З 14 березня і до 8 години 15 березня радіаційний фон був на рівні природного та становив 0,12 мкЗв/год. На 10 годину 15 березня радіаційний фон збільшився до 0,2 мкЗв/год, а потім – почав повільно зростати, очевидно, через проходження радіоактивного шлейфа. Зростання тривало до 14:45, тоді він склав 4,2 мкЗв/год. Після цього спостерігалось досить різке падіння потужності дози, протягом півгодини, приблизно на порядок величини. У 15:30 потужність дози становила приблизно 0,4 мкЗв/год, після чого стабілізувалася на цій величині. За час проходження радіоактивного факела

можлива доза додаткового опромінення населення складала близько 12 мкЗв. За наступні 10 діб від радіоактивних випадіння (і за відсутності нових випадіння) доза додаткового опромінення населення не перевищила 60 мкЗв.

Таким чином, наведені дані свідчать про те, що в результаті аварії на АЕС Фукусіма-1 рівні радіоактивного забруднення навколишнього середовища, починаючи з 15 березня, значно перевищували природні (фонові) і гранично допустимі значення для населення не тільки на кордоні майданчики АЕС, але і за межами 30-км зони.

Як вже зазначалося, ширина сліду на відстані близько 30 км від АЕС становила близько 10 км. Для осі сліду характерні деякі локальні особливості (можливо, пов'язані з рельєфом місцевості та рослинністю), що призвели до утворення окремих плям з підвищеним рівнем випадіння. Було встановлено, що потужність дози обумовлена, головним чином, випадіннями ^{131}I , ^{132}Te та ^{132}I . На 22 березня (13 год) потужність дози складала приблизно 5 мкЗв/год, що приблизно відповідало густині забруднення за ^{131}I 0,5–1 МБк/м². На південно-західному напрямку в префектурі Ібаракі відмічено найвищу потужність дози від випадіння (Horiguchi City). Радіоактивний факел пройшов фактично над усією територією префектури.

В момент проходження радіоактивних хмар в точках моніторингу потужність дози варіювала від 2 до 5 мкГр/год, що видно з даних, представлених на рис. 4. Далі радіоактивна хмара пройшла над префектурою Ібаракі 21 березня. З 18 березня в цілому ряді префектур розпочато збір інформації за добовим випаданням радіоактивних аерозолів. Аналіз виконувався для двох біологічно значущих радіонуклідів – ^{131}I та ^{137}Cs .

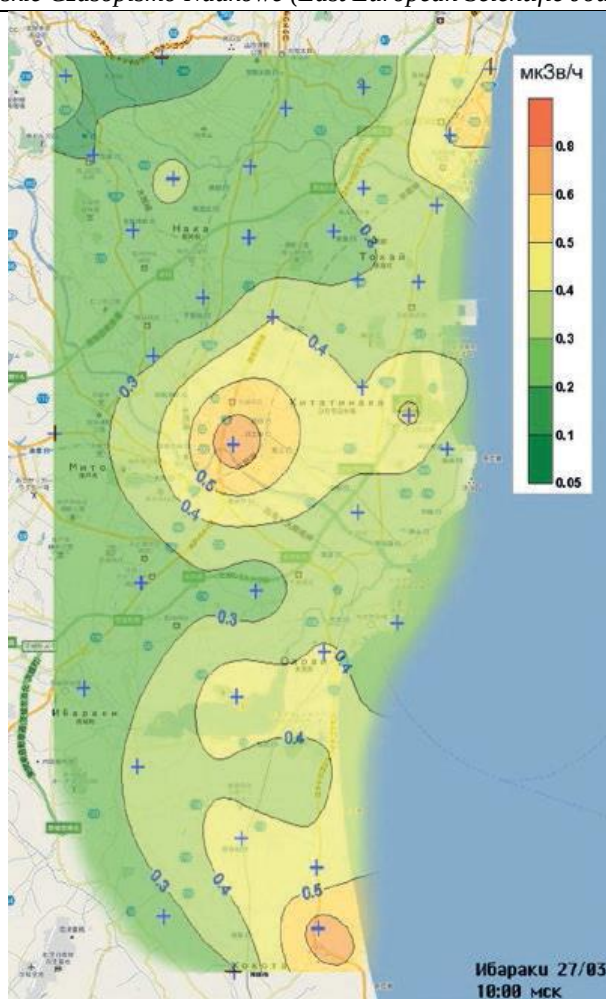


Рисунок 4– Ізодози в префектурі Ібаракі станом на 27 березня 2011 р. [6]

Виходячи із залишкової потужності дози, рівень забруднення ґрунтового покриву в місці установки планшетів за рахунок останньої хмари майже подвоївся порівняно з тим, який був до надходження хмари. З останньої хмари випало близько 200 кБк/м^2 ^{131}I та близько 25 кБк/м^2 ^{137}Cs . Можна вважати, що на 22 березня максимальна густина забруднення в префектурі Ібаракі за ^{131}I становила 150 кБк/м^2 , а за ^{134}Cs та ^{137}Cs – близько 30 кБк/м^2 (від кожного). Виходячи з того, що випадіння були "сухими", можна припустити, що густина забруднення трав'янистого покриву становила $0,25\text{--}0,5 \text{ МБк/м}^2$.

В результаті серії аварійних викидів радіонуклідів у навколишнє середовище на японській АЕС Фукусіма-1 відбулося забруднення частини території Японії та частини акваторії Тихого океану. За межами АЕС сформувалися два радіоактивних сліди: північно-західний і південний (див. рис. 4). Максимальна густина радіоактивного забруднення на осі північно-західного сліду завдовжки близько 15 км і шириною до $0,5 \text{ км}$ за межами 20-кілометрової зони могла становити за ^{131}I – 24 МБк/м^2 , а за ^{137}Cs – 2 МБк/м^2 .

На північному сліді дози зовнішнього опромінення за консервативними попередніми оцінками (без урахування захисних властивостей будівель і можливих заходів щодо зниження опромінення) на осі радіоактивного сліду становили за 14 днів з моменту забруднення на видаленні 30 км – 50 мГр , на видаленні 40 км – 6 мГр , на видаленні 60 км – 2 мГр . Максимальна густина радіоактивного забруднення на південному сліді за межами 20-кілометрової зони могла становити за ^{131}I – $1,5 \text{ МБк/м}^2$, за ^{137}Cs – $0,3 \text{ МБк/м}^2$. На південному сліді дози зовнішнього опромінення за консервативними попередніми оцінками (без урахування захисних заходів) на осі радіоактивного сліду склали за 14 днів з моменту забруднення на видаленні 20 км – 4 мГр , на видаленні 40 км – 1 мГр , на видаленні 60 км – $0,5 \text{ мГр}$, на видаленні $100\text{--}130 \text{ км}$ – $0,2 \text{ мГр}$.

Великі густини активності були виявлені в пробах морської води під час вимірювання 500 мл за 1000 с в германієвому твердотільному детекторі, що отримані експлуатуючою організацією ТЕРСО [7]. Найбільше було короткоживучих ізотопів, за виключенням ^{134}Cs з періодом напіврозпаду 2 роки і ^{137}Cs з періодом напіврозпаду $30,17$ років (табл. 3).

Таблиця 3. Аналіз нуклідів у морській воді в 30 м на північ від Фукусіма-1 із скидного каналу блоків № 5 і 6 (вимір 29 березня 2011 року)

Нуклід	Період напіврозпаду	Густина активності, Бк/м ³	Межа виявлення, Бк/м ³
¹³¹ I	8,041 діб	2,7E10+1	4,2E10–2
¹³⁴ Cs	2,062 роки	5,6E10+0	3,2E10–2
¹³⁶ Cs	13,10 діб	5,6E10–1	3,2E10–2
¹³⁷ Cs	30,17 років	5,7E10+0	2,8E10–2
¹⁴⁰ Ba	12,79 діб	8,8E10–1	1,2E10–1
¹⁴⁰ La	40,23 год	3,7E10–1	8,5E10–3

У цій ситуації дуже вчасними виявилися заходи радіаційного захисту населення, вжиті японською владою. По-перше, вже 11 березня було оголошено про аварію і евакуацію всіх жителів, що проживають в межах 3-км зони АЕС, 12 березня – про евакуацію жителів 10-км зони, а потім і 20-км зони, всього – понад 185 тис. осіб. З 16 березня було проведено йодну профілактику серед евакуйованих і оголошено про заборону прийому в їжу молока, зелених овочів (цибуля, шпинат та ін.), обмеження споживання водопровідної та питної води. Зазначені заходи дозволили зменшити дозу опромінення населення в кілька разів і тим самим знизити ймовірність виникнення онкологічних захворювань у майбутньому. Конкретну цифру назвати зараз неможливо через відсутність відповідної інформації.

Велика техногенна радіаційна аварія на японській АЕС Фукусіма-1 поставила під сумнів концепцію глибокоешелонованого захисту як способу запобігання експлуатаційних ризиків. Цю аварію за своїми радіаційним наслідками можна порівняти з Чорнобильською. Загальний обсяг радіаційного викиду з японської АЕС за попередніми оцінками становить близько 15% від викиду з аварійного 4-го блоку ЧАЕС за той же період часу. В результаті аварії на АЕС Фукусіма-1 рівні радіоактивного забруднення навколишнього середовища, починаючи з 16 березня, значно перевищували природні (фонові) і гранично допустимі значення для населення не тільки на кордоні майданчика АЕС, але і за межами 30-км зони. Оперативні організаційні та профілактичні заходи після аварії на АЕС Фукусіма-1 дозволили зменшити дозу опромінення населення в декілька разів і тим самим знизити ймовірність ви-

никнення віддалених стохастичних ефектів. Порівнюючи з аналогічними даними для ЧАЕС, можна припустити, що в результаті вжитих японською владою заходів, дозові навантаження на населення були знижені не менш ніж в 4–5 разів. Невчасна йодна профілактика, заборона на споживання свіжого молока і молочних продуктів, деяких овочів, а також замовчування аварії протягом найбільш вирішальних для здійснення захисних заходів днів привели до того, що під час чорнобильської аварії на забруднених територіях у щитовидній залозі дітей і дорослих були сформовані біологічно значущі дози, що призвели до різкого збільшення частоти ракових захворювань. В цьому плані сумний досвід аварії на ЧАЕС по застосуванню захисних заходів для населення в Японії значною мірою було враховано.

Аварія на АЕС Фукусіма-1 через 30 років після трагічних подій на ЧАЕС стала ще одним попередженням людству про необхідність підвищення вимог до безпеки АЕС. Вперше природна надзвичайна ситуація призвела до техногенної радіаційної катастрофи. До теперішнього часу залишається актуальною проблема узгодження результатів оцінок сумарної величини викиду і динаміки зміни інтенсивності основних радіонуклідів у часі і просторі в початковий період аварії. Невизначеність результатів оцінок пов'язана з тривалістю і нерегулярністю викиду радіоактивних речовин з аварійного реактора, складністю і неоднозначністю нуклідного і фізико-хімічного складу викиду, трансформації та міграції викинутих речовин, а також іншими факторами. У табл. 4 наведено порівняльний аналіз аварій за кількістю викидів радіоактивних продуктів в атмосферу, що оцінений різними методами.

Таблиця 4. Порівняльний аналіз аварій за викидами радіоактивних продуктів на АЕС Фукусіма-1 і ЧАЕС [5]

Радіонуклід	Аварія на АЕС Фукусіма-1				Аварія на ЧАЕС
	ІБРАЕ РАН	NISA	NSC	IRSN	
¹³¹ I	2·10 ¹⁷	1,3·10 ¹⁷	1,5·10 ¹⁷	9·10 ¹⁶	1,8·10 ¹⁸
¹³⁷ Cs	3·10 ¹⁶	0,6·10 ¹⁶	1,2·10 ¹⁶	1·10 ¹⁶	8,5·10 ¹⁶
Всього	1,4·10 ¹⁸	3,7·10 ¹⁷	6,3·10 ¹⁷	4,9·10 ¹⁷	5,2·10 ¹⁸

Примітки. ІБРАЕ РАН – Інститут безпеки реакторів атомних електростанцій Російської академії наук; NISA – Агентство ядерної і промислової безпеки Японії; NSC – Рада національної безпеки при президенті США; IRSN – Інститут радіаційного захисту та ядерної безпеки Франції.

Порівняння результатів розрахунку випадін ¹³⁷Cs, отриманих за допомогою польової станції «Нострадамус», з розрахунками на основі даних

моніторингу радіаційної обстановки ІМЕХТ (Японія) та оцінками Департаменту енергетики США показує (див. табл. 4), що оцінки збігаються за по-

рядком величини у всіх точках контролю, розташованих як на південному, так та північно-західному сліді. В цьому разі відхилення результатів моделювання від розрахунків за даними моніторингу варіюють від 15 до 40%. Сучасні дослідники у сфері безпеки ядерної енергетики звертають основну увагу на не настільки очевидні причини в початковий і наступний періоди аварії, що не менш важливо, а також досліджують питання які запобіжні заходи допоможуть уникнути подібних катастроф у майбутньому.

Висновки. Дослідження причин виникнення аварій на АЕС, послідовності подій від вихідного до кінцевого стану дає можливість вироблення заходів, спрямованих на запобігання і неповторення широкого класу аналогічних аварійних ситуацій за рахунок вчасно прийнятих технічних і організаційних заходів. Задіяти всі зворотні зв'язки аналізу досвіду експлуатації таких складних комплексів, якими є АЕС, вкрай важливо і необхідно.

Про деякі загальні тенденції говорять проведені дослідження причин аварій з різним ступенем розплавлення активної зони, що дозволили зробити наступні висновки:

- основна частина аварій сталася через недоліки конструкції і з вини операторів;
- в більшості випадків аварії сталися під час технічного обслуговування (включаючи перевантаження палива), випробувань і під час зупинки реактора;
- майже всі аварії могли бути попереджені операторами у разі вчасного розпізнавання сигналів контрольно-вимірювальних приладів.

Накопичення експлуатаційного досвіду – це, в першу чергу, накопичення досвіду з пошкоджень та відмов, що сталися. Ефективне використання досвіду вимагає організації роботи за двома напрямками:

- вивчення наслідків і з'ясування причин пошкоджень і відмов;
- узагальнення подій що відбулися, систематизація та організація заходів по запобіганню їх виникнення в майбутньому.

Отже цінність представляють відомості не тільки про конкретну поведінку окремого елемента устаткування, що може не мати аналогів, а про принципові типові явища і слабкі місця поширених систем. Для узагальнення подібного роду інформації дуже корисно широке співробітництво розробників і експлуатаційників для забезпечення надійності та безпеки ядерних об'єктів.

Якщо досвід аварій та інцидентів буде ретельно вивчатися і в усій повноті враховуватися під час проектування і експлуатації АЕС, то прийняті технічні рішення і експлуатаційні процедури можуть претендувати на системність, вичерпну повноту і гарантувати захищеність від аварій з тяжкими наслідками.

При всій увазі в попередні роки до протиправильного управління (процедури, тренування, розрахунки) дії протиправильного персоналу в перші го-

дини і дні показують повну розгубленість і неготовність до подібних ситуацій. Досі повномасштабні тренажери АЕС і програми тренувань на них не включають заплановані аварії з розплавленням активної зони, а програмне забезпечення розрахунку таких аварій в реальному масштабі часу якщо і розробляється, то в одиничних екземплярах і без серйозної верифікації на експериментальних даних. Не застосовується технологія 3D "віртуальної реальності", хоча в інших галузях ці методи вже давно впроваджено. Вимагати від експлуатуючого персоналу знань щодо запланованих аварій неможливо, так як вся програма їх навчання і тренінгу та технічні засоби навчання розраховані тільки на проектні аварії. Настав такий час, коли необхідна команда фахівців одна на всі блоки країни, яка, наприклад, періодично проходить тренінги на тренажері запланованих аварій та могла б на протязі 1–2 годин прилетіти на аварійний енергоблок і взяти управління запланованою аварією на себе. В процесі підготовки на тренінгах ця команда повинна відпрацьовувати різні неплановані рішення щодо пом'якшення наслідків запланованих аварій і, по суті, працювати в режимі чергування і цілодобової готовності прибути на аварійний майданчик АЕС. Подібна система існує у Франції, де в разі виходу аварії за проектні межі, управління аварією передається спеціальній підготовленій команді. Можливо, буде доцільно організувати такі команди на міжнародному рівні під егідою МАГАТЕ, так як аварії на АЕС носять глобальний характер, що виходить за рамки національних інтересів. Це буде особливо актуально у разі розширенні географії поширення АЕС в країни з низьким рівнем культури безпеки та досвідом експлуатації АЕС.

Список літератури:

1. Стійкість екосистем до радіаційних навантажень : монографія / І. В. Матвеева, С. І. Азаров, Ю. О. Кутлахмедов, О. В. Харламова – К. : НАУ, 2016. – 396 с.
2. Анализ причин и последствий аварии на АЭС Fukushima как фактор предотвращения тяжелых аварий в корпусных реакторах : монография / В. И. Скалозубов, А. А. Ключников, В. Н. Ващенко, С. С. Яровой ; под ред. В. И. Скалозубова ; НАН Украины, Ин-т проблем безопасности АЭС. – Чернобыль (Киев. обл.) : Ин-т проблем безопасности АЭС, 2012. – 280 с.
3. Серия изданий по безопасности, № NS-R-1, Безопасность атомных электростанций : проектирование. Требования безопасности, международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2003.
4. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SF-1, основополагающие принципы безопасности, основы безопасности, международное агентство по атомной энергии. – Вена, 2007.
5. Азаров С. І. Порівняльний аналіз радіоекологічних наслідків аварій на ЧАЕС та «ФУКУСИМА-1» / С. І. Азаров, В. Л. Сидоренко, Ю. П. Середя // Радіоекологія-2017 : зб. ст. наук.-практ. конф. із міжнар. уч. (Київ, 24–26 квітня 2017 р.). – Житомир: Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон»,

2017. – С. 29–33.

6. URL: <http://www.tepco.co.jp/en/press/corpcom/release/index-e.html> (прес-релізи про зміни стану АЕС «Фукусіма-1» та АЕС «Фукусіма-2»).

7. URL: <http://www.tepco.co.jp/en/nu/monitoring/index-e.html> (дані про стан радіаційного моніторингу на промайданчиках АЕС «Фукусіма-1» та АЕС «Фукусіма-2»).

8. ИНЕС руководство для пользователей международной шкалы ядерных и радиологических событий : [пер. с англ.] – МАГАТЭ, 2010. – 250 с.

9. Міністерство освіти, культури, спорту, науки і технології Японії. URL: <http://www.bousai.ne.jp/eng/index.html> (контроль радіаційної обстановки в околицях розташування ядерно та радіаційно-небезпечних об'єктів

Японії онлайн).

10. Міністерство освіти, культури, спорту, науки і технології Японії. URL: http://www.mext.go.jp/english/radioactivity_level/detail/1303962.htm (радіаційний моніторинг префектур Японії, префектури Ібаракі, зони поза 20 км від АЕС, відбір проб в прибережній зоні АЕС «Фукусіма-1», відбір проб у питній воді, вимірювання добових випадін на поверхню землі, пробовідбір і аналіз аерозолів, оцінка інтегральних доз під час знаходження на забрудненій території та ін.).

11. Steinhauser G. Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accident: A review of the environmental impact / G. Steinhauser, A. Brandl, T. E. Jonson // Science of the Total Environment. – 2014. – V. 470–471. – P. 800–817.

Bogdanova.N.V.

Philosophiae doctor, Department of Acoustics&Acoustoelectronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Funsenko.V.V

Student, Department of Acoustics&Acoustoelectronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Ponomarenko.V.A.

Student, Department of Acoustics&Acoustoelectronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Haidaienko.V.G.

Student, Department of Acoustics&Acoustoelectronics, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Богданова Наталия Владимировна

Кандидат технических наук, доцент кафедры Акустики и акустоэлектроники, Национального технического университета «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Фурсенко Владислав Витальевич

студент кафедры Акустики и акустоэлектроники, Национального технического университета «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Пономаренко Владислав Александрович

студент кафедры Акустики и акустоэлектроники, Национального технического университета «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Гайдаенко Владислав Геннадьевич

студент кафедры Акустики и акустоэлектроники, Национального технического университета «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

COMPUTER MODELING RADIATING SYSTEMS IN THE FORM OF DOUBLE LINEAR MASSIF

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В ВИДЕ ДВОЙНОГО ЛИНЕЙНОГО МАССИВА

Summary: The paper presents the results of a study of a system of emitters in the form of a double linear array. A mathematical model was constructed and the directivity characteristics of the selected system of electroacoustic emitters were calculated. Based on the developed mathematical models, a program was developed for simulating the directivity of a double linear array constructed in a spherical coordinate system for frequencies 250;

500; 1000 Hz. Analysis of this radiation system showed that with an increase in frequency, an increase in the number of additional lobes and single maxima, as well as the level of additional lobes, occurs. Thus, a dual linear array has optimal directivity characteristics.

Key words: *monopol, array of oscillators, sound field, directivity characteristics, middle octave frequency.*

Аннотация: В работе представлены результаты исследования системы излучателей в виде двойного линейного массива. Построена математическая модель и произведен расчет характеристик направленности выбранной системы электроакустических излучателей. Основываясь на разработанной математической модели была построена программа для моделирования направленности двойного линейного массива в сферической системе координат для частот 250; 500; 1000 Гц. Анализ данной системы излучения показал, что с ростом частоты происходит увеличение количества дополнительных лепестков и единичных максимумов, а также уровня дополнительных лепестков. Таким образом, двойной линейный массив имеет оптимальные показатели характеристик направленностей.

Ключевые слова: *монополю, массив излучателей, звуковое поле, характеристика направленности, среднеоктавная частота.*

Актуальность темы исследования. Одна из основных задач теории акустического излучения сводится к расчету звукового поля излучателя, т.е. анализу пространственного распределения звукового давления, создаваемого излучателем в неограниченно простирающейся среде. Решение этой задачи дает характеристику направленности излучателя.

Как известно, наиболее частой проблемой при создании систем звукоусиления, особенно в больших помещениях, является обеспечение хорошей разборчивости речи и (или) музыки. Источником многих проблем является реверберация [1-2]. Как следствие, резко падает разборчивость речи и музыки.

Одним из самых эффективных решений данной задачи является обеспечение такой направленности излучения звука, при которой большая часть звуковой энергии попадала бы непосредственно на слушателей. При этом увеличивается отношение мощности прямого звука к реверберационному фону.

Для получения острых характеристик направленностей и для повышения мощности применяют массив излучателей.

Цель работы. Исследовать излучатели в виде двойного линейного массива для получения характеристик направленности как можно меньшей ши-

риной основного лепестка в вертикальной плоскости излучения и большей в горизонтальной плоскости.

Постановка задачи. Группа излучателей располагается в свободном пространстве в одной плоскости. В качестве излучателей используются точечные ненаправленные источники (монополи).

Считается, что известно поле, создаваемое каждым излучателем в отдельности и что при совместном действии каждый излучатель работает так же, как в одиночку.

В расчете не учитывается взаимное влияние излучающих элементов. Предполагаем, что излучатели «прозрачны» для полей других излучателей. В этом смысле – излучатели, расположены друг от друга на расстояниях больших по сравнению с их размерами.

Для расчета характеристики направленности используем принцип суперпозиции звуковых волн [3-6].

Исследование характеристик направленности систем проводится в среднеоктавных полосах частот: 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Расстояние между элементами d выбирается равным 0,2 м.

На рис. 1. представлено схематическое расположение группы излучателей в сферической системе координат.

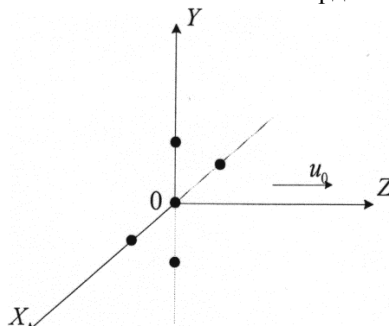


Рис. 1. Расположение группы излучателей в сферической системе координат

Плоскость XOY – плоскость расположения группы излучателей; u_0 – направление излучения (параллельно оси Z); XOZ – горизонтальная

плоскость излучения; YOZ – вертикальная плоскость излучения.

Расчет характеристики направленности двойного линейного массива. Рассмотрим харак-

теристику направленности на среднеоктавных частотах, а также коэффициент осевой концентрации элементов (рис. 2).

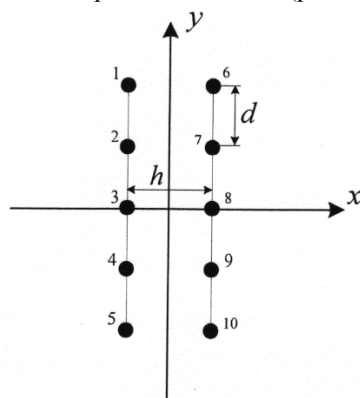


Рис. 2. Схема двойного линейного массива

Скалярные произведения для каждого элемента, характеризующие набег фазы описывается следующей формулой:

$$\Delta r_1 = -\frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi + 2d \sin \theta \sin \varphi;$$

$$\Delta r_2 = -\frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi + d \sin \theta \sin \varphi;$$

$$\Delta r_3 = -\frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi;$$

$$\Delta r_4 = -\frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi - d \sin \theta \sin \varphi;$$

$$\Delta r_5 = -\frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi - 2d \sin \theta \sin \varphi;$$

$$\Delta r_6 = -\Delta r_5; \quad \Delta r_7 = -\Delta r_4; \quad \Delta r_8 = -\Delta r_3; \quad \Delta r_9 = -\Delta r_2; \quad \Delta r_{10} = -\Delta r_1,$$

где θ - угол отсчитываемым от оси Z ; φ - угол отсчитываемым в плоскости xOy от оси X до проекции вектора u на плоскость xOy .

Выражение для характеристики направленности при подстановке вышеуказанных величин и после группировки с помощью формулы Эйлера имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} D(\theta, \varphi) &= \frac{1}{10} \left[e^{-ik\Delta r_1} + e^{-ik\Delta r_2} + e^{-ik\Delta r_3} + e^{-ik\Delta r_4} + e^{-ik\Delta r_5} + e^{-ik\Delta r_6} + \right. \\ &+ e^{-ik\Delta r_7} + e^{-ik\Delta r_8} + e^{-ik\Delta r_9} + e^{-ik\Delta r_{10}} \left. \right] = \frac{1}{10} \left[2 \cos(k\Delta r_1) + 2 \cos(k\Delta r_2) + 2 \cos(k\Delta r_3) + \right. \\ &+ 2 \cos(k\Delta r_4) + 2 \cos(k\Delta r_5) \left. \right] = \frac{1}{5} \left[\cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi - 2kd \sin \theta \sin \varphi \right) + \right. \\ &+ \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi - kd \sin \theta \sin \varphi \right) + \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi \right) + \\ &+ \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi + kd \sin \theta \sin \varphi \right) + \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi + 2kd \sin \theta \sin \varphi \right) \left. \right] = \\ &= \frac{1}{5} \left[\cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi \right) + 2 \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi \right) \cos(2kd \sin \theta \sin \varphi) + \right. \\ &+ 2 \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi \right) \cos(kd \sin \theta \sin \varphi) \left. \right] = \frac{1}{5} \cos \left(k \frac{h}{2} \sin \theta \cos \varphi \right) \times \\ &\times \left[1 + 2 \cos(kd \sin \theta \sin \varphi) + 2 \cos(2kd \sin \theta \sin \varphi) \right] \end{aligned}$$

В горизонтальной плоскости $ZOX : \varphi = 0^\circ$, $D(\theta, 0) = \cos\left(\frac{\pi fh}{c} \sin \theta\right)$;

В вертикальной плоскости $ZOY : \varphi = 90^\circ$,

$$D(\theta, 90) = \frac{1}{5} \left[1 + 2 \cos\left(\frac{2\pi fd}{c} \sin \theta\right) + 2 \cos\left(\frac{4\pi fd}{c} \sin \theta\right) \right].$$

Результаты и исследование. Для исследования характеристик направленности используется построения диаграмм направленности в сферических и декартовых системах координат с помощью программы MatLab.

На рис. 3-5 представлены диаграммы направленности двойного линейного массива, построенные в сферической системе координат, а в таблицах

1-3 – значения углов раскрыва основного лепестка на уровне 0,707 в горизонтальной XOZ и вертикальной YOZ плоскостях для частот 250; 500; 1000 Гц.

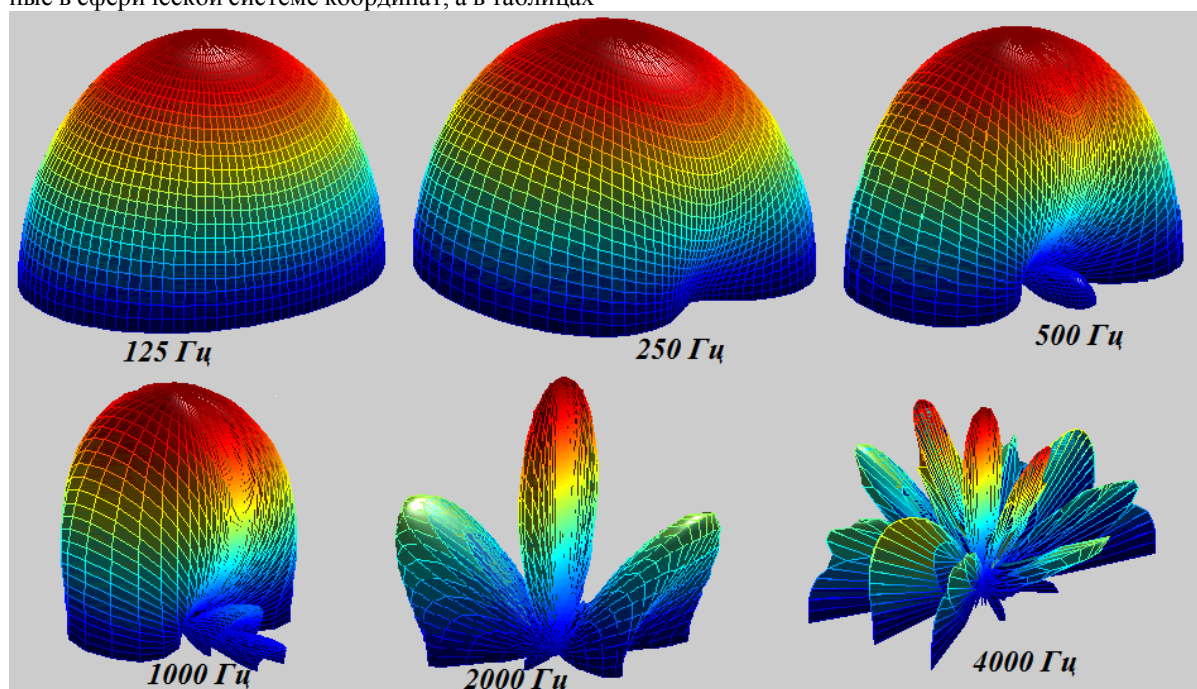


Рис. 3. Диаграмма направленности для расстояния между линейками $h = 0,5d$

Таблица 1. Углы раскрыва основного лепестка при $h = 0,5d$

	250 Гц	500 Гц	1000 Гц
XOZ	-	-	120°
YOZ	77°	36°	18°

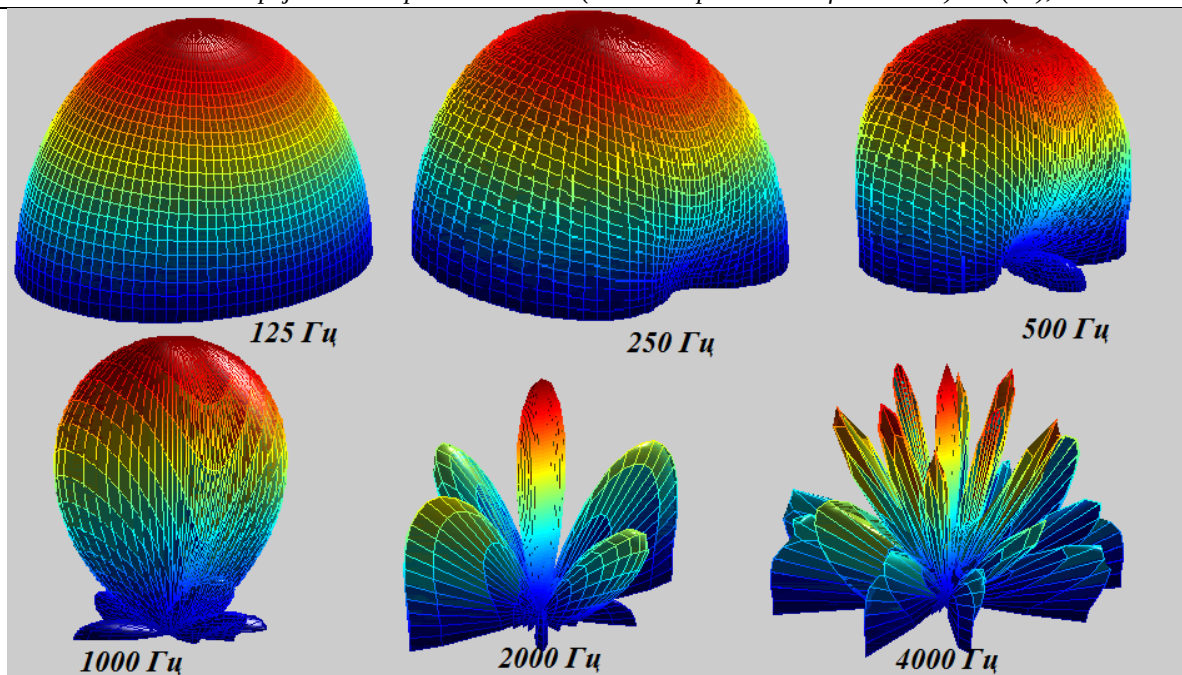


Рис. 4. Диаграмма направленности для расстояния между линейками $h = d$

Таблица 2. Углы раскрыва основного лепестка при $h = d$

	250 Гц	500 Гц	1000 Гц
XOZ	-	120°	51°
YOZ	77°	36°	18°

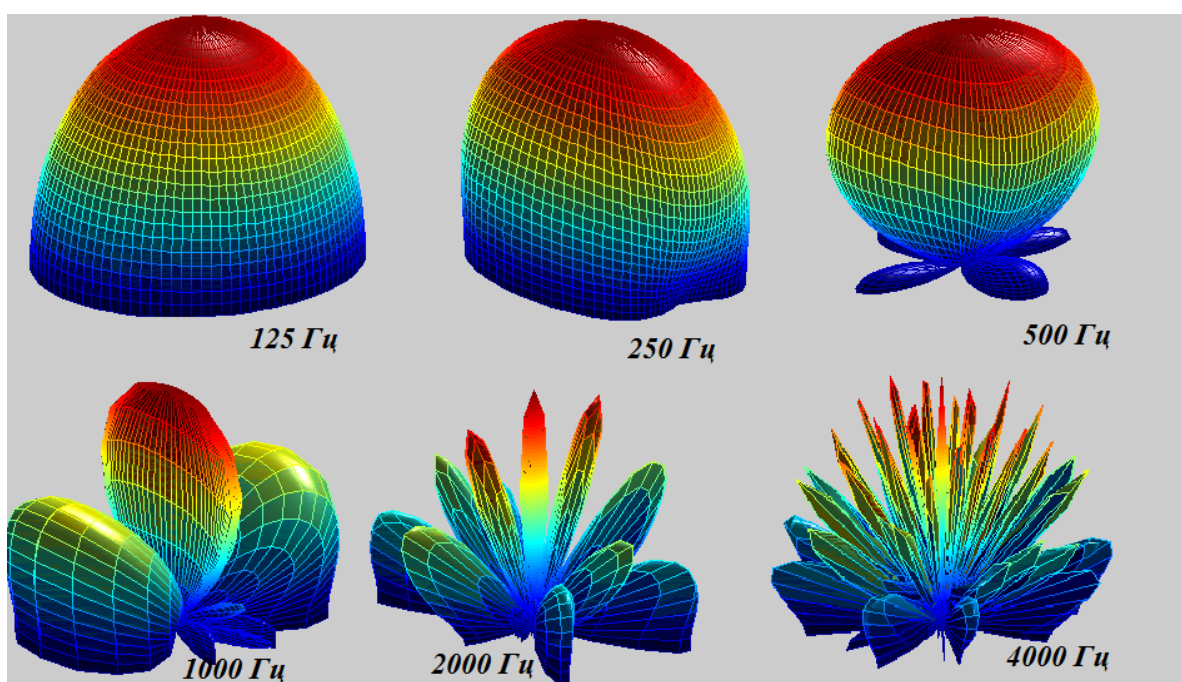


Рис. 5. Диаграмма направленности для расстояния между линейками $h = 2d$

Таблица 3. Углы раскрыва основного лепестка при $h = 2d$

	250 Гц	500 Гц	1000 Гц
XOZ	120°	51°	25°
YOZ	77°	36°	18°

На частоте 125 Гц характеристика направленности системы для любых заданных значений h является практически ненаправленной.

Для $h = 0,5d$; d ; $2d$ на частотах 125; 250 Гц наблюдается только основной максимум, обостряющийся с дальнейшим ростом частоты.

Преимущественный раскрыв основного лепестка наблюдается в горизонтальной плоскости XOZ , поскольку с увеличением частоты угол раскрыва в вертикальной плоскости YOZ уменьшается быстрее, чем в горизонтальной XOZ .

Для одной и той же частоты при изменении расстояния h от $0,5d$ к $2d$ уменьшается лишь угол раскрыва в горизонтальной плоскости XOZ , а в вертикальной YOZ - остается неизменным.

Для $h = 0,5d$ дополнительные лепестки появляются в плоскости XOZ на частоте 500 Гц; дополнительные единичные максимумы – в плоскости YOZ на частоте 2000 Гц.

Для $h = d$ дополнительные лепестки появляются в плоскости YOZ на частоте 500 Гц; дополнительные единичные максимумы – в обеих плоскостях на частоте 2000 Гц.

Для $h = 2d$ дополнительные лепестки появляются в обеих плоскостях на частоте 500 Гц; дополнительные единичные максимумы – в плоскости XOZ на частоте 1000 Гц.

Выводы

В статье приведен расчет, построение и анализ характеристик направленности сложной конфигурации – двойной линейный массив.

Анализ данной системы излучения показал, что с ростом частоты происходит увеличение количества дополнительных лепестков и единичных

максимумов, а также уровня дополнительных лепестков. Таким образом, двойной линейный массив имеет оптимальные показатели характеристик направленностей.

Поскольку направленность создается за счет интерференции звуковых волн в точке наблюдения (приема), то использованные математические модели позволяют определить основные закономерности, т.е. проведенное исследование можно отнести к ряду предварительных (теоретических задач), которые в дальнейшем при построении более сложных моделей данных систем могут указывать дальнейшие направление исследований и поиска других электроакустических систем.

Литература

1. Богданова Н.В. Математическое моделирование огибающей реверберационного процесса с помощью алгоритма Шредера / Н.В. Богданова, И.В. Богданов, К.Д. Богатыренко, И.В. Швестко. // Адаптивні системи автоматичного управління. - 2016. - № 1(28). - С. 3-9.
2. Богданова Н.В. Компьютерное моделирование математических алгоритмов обработки реверберационного процесса в закрытом помещении // Н.В. Богданова // East European Scientific Journal – 2018. - #5 (33), 2018 part 1. – С. 37-40.
3. Исакович М.А. Общая акустика: Учебное пособие. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1974. – 496 с., ил.
4. Тюлин В.Н. Введение в теорию излучения и рассеяния звука. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. – 256 с., ил.
5. Румынская И.А. Основы гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1979. – 216 с., ил.
6. Скучик Е. Основы акустики. Т. 1, 2. – М.: Мир, 1976. – 750 с., ил.

Bogdanova.N.V.

*Philosophiae doctor, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Fursenko.V.V

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Ponomarenko.V.A.

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Haidaienko.V.G.

*Student, Departament of Acoustics&Acoustoelectronics,
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Богданова Наталия Владимировна

*Кандидат технических наук,
доцент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Фурсенко Владислав Витальевич

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Пономаренко Владислав Александрович

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

Гайдаенко Владислав Геннадьевич

*студент кафедры Акустики и акустоэлектроники,
Национального технического университета
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»*

OF A PROBLEMS OF CREATION AND ACOUSTIC CALCULATION OF MODERN DOMESTIC CINEMAS

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И АКУСТИЧНОГО РАСЧЕТА СОВРЕМЕННЫХ ДОМАШНИХ КИНОТЕАТРОВ

Summary: Object of research are sound fields which are created by the complete set of the equipment of a domestic cinema with the proved choice, accommodation of system in separately taken premises.

This article proposes a theory of room sounding, and also presents on its basis a program operating in MatLab environment for calculating the acoustic field in a home cinema room with equipment placed according to the reference scheme of placement of home theater equipment and sound field characteristics in the listening area.

Key words: acoustics systems, acoustics of rooms, the domestic cinema, the sound field, systems of scoring.

Аннотация: Объектом исследования является звуковые поля, создаваемые комплектом аппаратуры домашнего кинотеатра и выполнения обоснованного выбора размещения и обустройства системы в отдельно взятом жилом помещении.

В данной статье предлагается теория озвучивания помещений, а также представлена на ее основе программа, работающая в среде MatLab, для расчета акустического поля в помещении домашнего кинотеатра с аппаратурой расставленной по референсной схеме размещения аппаратуры систем домашних кинотеатров, и характеристик звукового поля в зоне прослушивания.

Ключевые слова: акустические системы, акустика помещения, домашний кинотеатр, звуковое поле, система озвучивания.

Актуальность темы исследования. В последние несколько лет возникла тенденция к установке систем домашних кинотеатров в жилых помещениях квартир многоэтажных домов на базе секций [1-3]. В связи с чем производители аудио и видео

техники предлагают множество различных моделей систем домашних кинотеатров в широком ценовом диапазоне. Но при этом не учитывается, что домашний кинотеатр – это сложная система во-

спроизведения видеоизображения и высококачественного звука, которые вместе создают полномасштабный «эффект присутствия» при просмотре кинофильмов. И для ее правильной работы требуется, как минимум, специально акустически подготовленное помещение с правильно подобранной для него и корректно расставленной аппаратурой домашнего кинотеатра. Актуальным при этом становится ряд проблем, а именно выбора, размещения оборудования домашнего кинотеатра и акустического расчета помещения домашнего кинотеатра.

Цель работы. Исследовать зависимость образования звукового поля в домашнем кинотеатре в зависимости от выбранного комплекта аппаратуры и размещения его элементов в благоустроенном жилом помещении.

Материал и метод исследования. Домашний кинотеатр – это система многоканального звука с полноэкранном видеоизображением, которые создают полномасштабный «эффект присутствия» при просмотре кинофильмов. Эффект домашнего кинотеатра основан на психологическом восприятии человеком звуковой и видео информации. Домашний кинотеатр представляет собой совокупность цифрового или аналогового источника высококачественного видеосигнала, устройства формирования видеоизображения, звукового тракта и помещения для просмотра [4,5].

Модель расстановки системы для работы комплекса по схеме 5.1 звука (пяти каналов, один сабвуфер) представлена на рис. 1 [6].

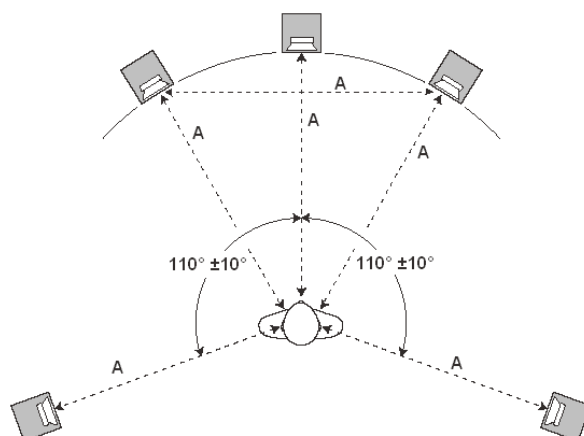


Рис. 1. Референсная схема размещения акустической системы (АС) в домашнем кинотеатре, работающим с 5.1 звуком

Центр и фронтальная пара расположены на линии виртуальной окружности, радиусом которой является расстояние от слушателя до центральной АС, а центром окружности – голова слушателя. Расстояние от слушателя до каждой из фронтальных АС и центральной АС равны. Тыловые каналы расположены на таком же удалении от слушателя (на

виртуальной окружности) под углом примерно 110° к оси «слушатель-экран». Схема расположения комплекса громкоговорителей домашнего кинотеатра представлена на рис. 2, что соответствует референсной схеме расстановки системы громкоговорителей (рис. 1).



Рис. 2. Схема размещения АС в домашнем кинотеатре, работающего с 5.1 звуком

Размещение громкоговорителей оказывает существенное влияние на качество звучания, которое можно получить. Бывает, что самые высокие показатели качества АС сводятся на нет, при установке в реальное помещение.

Через громкоговоритель центрального канала идет основная часть фонограммы фильма – почти все диалоги, большинство звуковых эффектов и ча-

стично музыка. Центральная АС обычно устанавливается горизонтально поверх видеомонитора. Ее можно также устанавливать под монитором или вмонтировать в стену под монитором, а если используется фронтальная проекционная система – расположить позади «акустически прозрачного» экрана. При взаимном расположении АС центрального и фронтального каналов (рис. 3-4), нужно учитывать, что центральная колонка должна быть либо

1. Стереофонический видеоманитофон Hi-Fi VHS
2. DVD - проигрыватель
3. Многоканальный AV-ресивер
4. АС центрального канала
5. Пара АС фронтального канала
6. Пара АС тылового канала
7. Низкочастотный канал (сабвуфер)
8. Место зрителя.

на одной линии, либо немного позади левой и правой АС, но не выступать вперед. Разницу в рассто-

янии компенсируют, выставив в процессоре задержку на более удаленный от слушателя канал (задержка на 1 мс соответствует 30 см).



Рис. 3. Схема расположения центральной и фронтальных АС

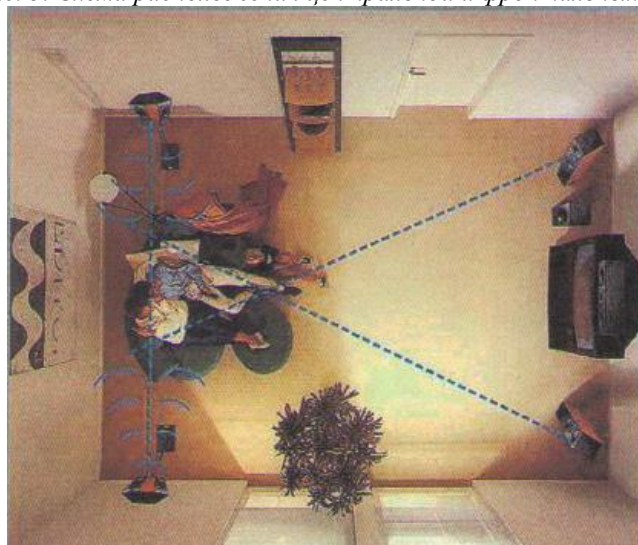


Рис. 4. Вариант расположения АС фронтального канала

Наличие центральной АС в домашнем кинотеатре позволяет избежать разрушения всего фронтального звукового поля и стягивания его к ближайшему от слушателя громкоговорителю, тем самым обеспечивая явственное восприятие источника звука; снижает нагрузку на правый и левый фронтальные громкоговорители; при наличии трех фронтальных громкоговорителей можно добиться более чистого звучания системы [5-6].

Если динамики фронтальных АС излучают звук только вперед, то у дипольных тыловых громкоговорителей имеется два комплекта головок, смонтированных и на фронтальной, и на тыловых панелях. Благодаря этому и формируется необходимая диаграмма направленности излучаемого звука (рис. 5-6).

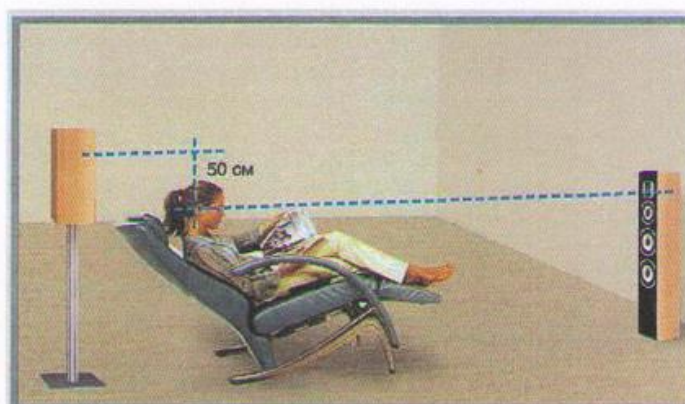


Рис. 5. Схема расположения АС фронтального и тылового каналов

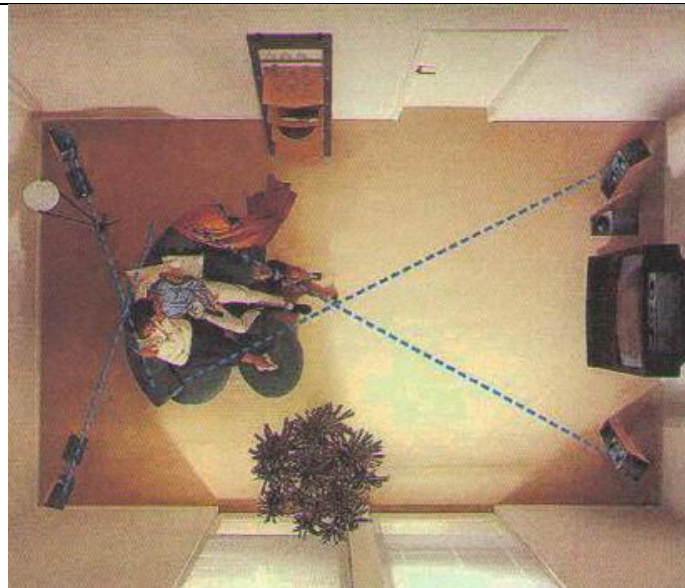


Рис. 6. Вариант расположения АС тыловых каналов окружения

Иногда можно встретить другой тип громкоговорителей канала окружения – биполярные. Оба типа громкоговорителей – дипольные и биполярные – создают ощущение обволакивающего звука у слушателя, но при этом дипольные предпочтительнее, так как они способны создать большее «нулевое» пространство или пониженный уровень громкости звука с той стороны громкоговорителя, которая обращена к слушателю.

Построение математической модели озвучивания помещения домашнего кинотеатра. Расчет акустического поля является важным инструментом для анализа систем звукоусилителей и озвучивания на этапе проектирования. При этом обычно рассчитывается неравномерность распределения уровней звукового давления по площади зрительских мест.

Неравномерность распределения звукового давления по площади зрительских мест – разность между максимальной ($L_{\max}$) и минимальной ($L_{\min}$) величинами уровня поля в пределах озвучиваемой поверхности:

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min}.$$

При озвучивании помещений необходимо учитывать, что в них обязательно присутствуют реверберационные помехи и помехи от диффузного

звука, имеющего уровень выше уровня прямого звука, а также ряд особенностей, а именно: наличие отражений от ограничивающих поверхностей с небольшим запаздыванием по отношению к прямому звуку, что повышает эффективность систем озвучивания; ограничение высоты подвеса из-за потолка и, как правило, меньшие размеры озвучиваемых площадей в сравнении с открытым пространством.

Расчет ведется по прямому звуку и не учитывает изменений уровня звука за счет сложения прямой и отраженной волны. Считается, что колонка не влияет друг на друга и акустическое поле в каждой точке помещения вычисляется путем учета вкладов полей, создаваемых каждой колонкой отдельно. Для построения полей заданных колонок в заданном помещении выбирают соответствующие системы координат. Возьмем декардовую систему координат $[x, y, z]$, выбранную в соответствии с геометрической формой помещения. Ось Oz следует направлять вертикально вверх, а оси Ox и Oy – желательно, параллельно стенам помещения. Каждая колонка может быть произвольно расположена в пределах заданного помещения, создавая собственную систему координат $[V, U, W]$.

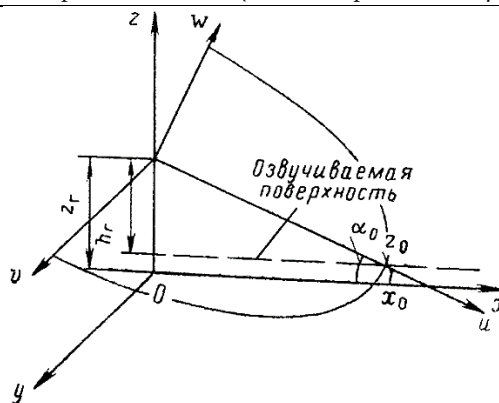


Рис. 7. Расположение осей координат по методу координат для звуковой колонки

Выбирается система координат так, чтобы ее центр находился в центре эллипсоида направленности данной колонки, ось U была направлена по акустической оси колонки, ось W - по продольной оси колонки, а ось V - по ее поперечной оси (рис. 7). Расположение колонки (и соответствующей системы координат) задается 5-ю координатами: X_i, Y_i, Z_i - координаты громкоговорителя в системе координат помещения; α - угол наклона колонки, считая положительным наклон колонки

$$\begin{cases} U_i = [(x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i] \cos \alpha_i - (z - z_i) \sin \alpha_i; \\ V_i = -(x - x_i) \sin \gamma_i + (y - y_i) \cos \gamma_i; \\ W_i = [(x - x_i) \cos \gamma_i + (y - y_i) \sin \gamma_i] \sin \alpha_i - (z - z_i) \cos \alpha_i. \end{cases} \quad (1)$$

В задачу расчета входит построение примерного графика уровней громкости звука в горизонтальной плоскости прослушивания на заданной высоте над уровнем пола. Рассматриваемая плоскость ограничивается прямоугольником, в который вписывается данное помещение. Прямоугольник разбивается на множество элементарных ячеек – прямоугольников малого размера. В каждой (j -й) ячейке рассчитывается вклад каждой (i -й) колонки:

$$P_{ij}^2 = \frac{P_{hi}^2}{U_i^2 + \frac{V_i^2}{1-e_o^2} + \frac{W_i^2}{1-e_o^2}},$$

где усредненное значение эксцентриситетов определяется по эмпирическим формулам, если характеристика направленности не задана, а заданы углы раскрытия по уровню -3 дБ или -6 дБ:

$$e = \sqrt{\frac{1-0,7^2}{1-0,7^2 \cos \frac{\theta}{2}}} \quad \text{или} \quad e = \sqrt{\frac{1-0,5^2}{1-0,5^2 \cos \frac{\theta}{2}}},$$

где θ - угол раскрытия характеристик направленности по уровню -3 дБ или -6 дБ, при этом при вычислении значений координат $[V, U, W]$ в

вниз; γ - угол поворота колонки в горизонтальном направлении, считая положительным поворот против часовой стрелки (если смотреть сверху). Для определения вклада i -й колонки в уровень громкости звука в точке с заданными координатами (X, Y, Z) , следует вычислять соответствующие координаты заданной точки в системе i -й колонки, воспользовавшись следующим равенством:

формуле 1 вместо значений координат (x, y, z) ставятся координаты j -й ячейки.

Полное давление в j -й ячейки от всех излучателей определяется:

$$P_{\sum j}^2 = \sum_i P_{ij}^2$$

В дальнейшем в расчете от давлений в точках поля переходят к уровням, используя следующие выражения:

$$L_{j,\partial E} = 20 \cdot \lg \frac{P_{\Sigma j}}{P_0} = 10 \cdot \lg \frac{P_{\Sigma j}^2}{P_0},$$

где $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Средний уровень звука в помещении при этом будет определена как

$$L_{cp} = \frac{\sum L_j}{j}.$$

Результаты и исследование. Данная программа разработана в системе MatLab и позволяет рассчитать распределение уровня звукового давления по полю на расстоянии 1,1...1,4 м от пола.

Для анализа акустического поля помещения используем рекомендации, приведенные в работе Й. Блауэрт «Пространственный слух». Площадь помещения, где размещается домашний кинозал,

$S_{\text{ном}} = 40 \text{ м}^2$ с высотой потолков $h \leq 3 \text{ м}$.

Аппаратура системы домашнего кинотеатра размещаются в помещении согласно референсной схеме (рис. 1).

Входными параметрами для расчета являются следующие данные:

- размеры помещения;
- расположение сателлитов и сабвуфера системы домашнего кинотеатра в помещений;
- направление акустических систем, а именно азимут и наклон колонок;

- диапазоны частот сателлитов и сабвуфера, а именно максимальное и минимальное значение частоты воспроизводимыми громкоговорителями;

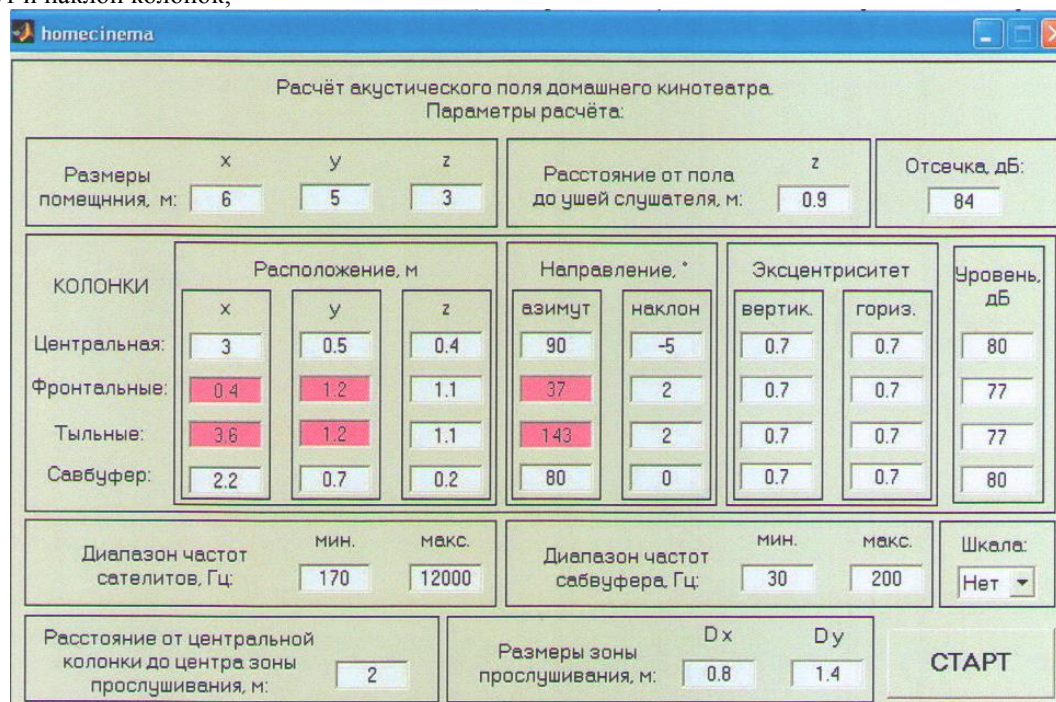
- расстояние от пола до ушей слушателей;

- уровень громкости громкоговорителей системы;

- шкала усреднения (А, В, С или без усреднения);

- расстояние от центральной колонки до центра зоны прослушивания;

- размеры зоны прослушивания, которые задаются диаметрами по оси Ox и Oy , так как предполагается, что зона прослушивания в помещении домашнего кинотеатра имеет форму эллипса.



Размеры помещения, м:			Расстояние от пола до ушей слушателя, м:		Отсечка, дБ:	
x	y	z	z			
6	5	3	0.9			84

КОЛОНКИ	Расположение, м			Направление, °		Эксцентриситет		Уровень, дБ
	x	y	z	азимут	наклон	вертик.	гориз.	
Центральная:	3	0.5	0.4	90	-5	0.7	0.7	80
Фронтальные:	0.4	1.2	1.1	37	2	0.7	0.7	77
Тыльные:	3.6	1.2	1.1	143	2	0.7	0.7	77
Сабвуфер:	2.2	0.7	0.2	80	0	0.7	0.7	80

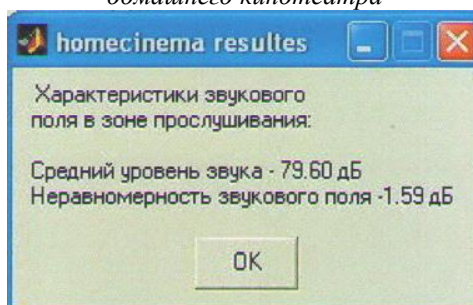
Диапазон частот сателлитов, Гц:		Диапазон частот сабвуфера, Гц:		Шкала:
мин.	макс.	мин.	макс.	
170	12000	30	200	Нет

Размеры зоны прослушивания, м:	
Dx	Dy
0.8	1.4

Расстояние от центральной колонки до центра зоны прослушивания, м: 2

START

Рис. 8. Интерфейс программы расчета акустического поля домашнего кинотеатра



homecinema resultes

Характеристики звукового поля в зоне прослушивания:

Средний уровень звука - 79.60 дБ

Неравномерность звукового поля -1.59 дБ

OK

Рис. 9. Окно характеристик звукового поля в зоне прослушивания, рассчитанных с помощью программы

Выходные данные программы выводятся на экран в виде трех графиков трехмерных поверхностей (рис. 10) и окна характеристик звукового поля в зоне прослушивания (рис. 9), в котором указывается рассчитанные по вышеуказанным формулам

средний уровень звука и неравномерность звукового поля.

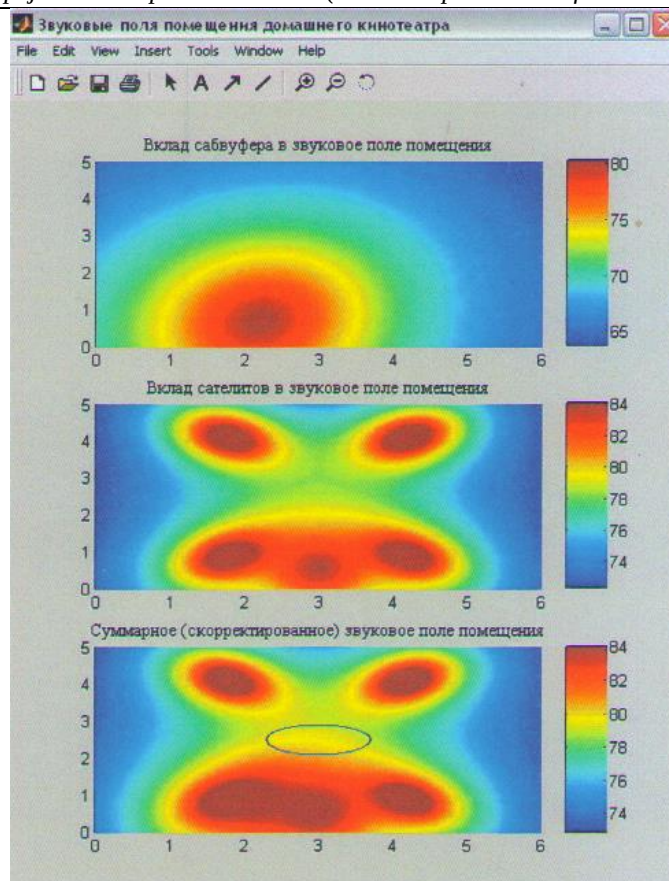


Рис. 10. Звуковые поля помещения домашнего кинотеатра, рассчитанные с помощью программы

На первом графике (рис.10) показано распределение уровня звукового давления по полю на уровне голов слушателей для сателлитов. На втором графике (рис.10) – акустическое поле в помещении домашнего кинотеатра для сабвуферов, и последний график (рис. 10) – это суммарное (скорректированное) акустическое поле в помещении, рассчитанного с помощью программы.

Выводы. Создание домашнего кинотеатра нельзя описать одной общей методикой. Необходимо учитывать параметры и особенности помещения, обоснованно выбрать аппаратуру домашнего кинотеатра и разместить ее в помещении кинозала. Таким образом, для каждого отдельно взятого проекта домашнего кинозала необходим индивидуальный акустический проект, расчет звукового поля для нескольких вариантов комплектов аппаратуры систем домашних кинозалов, с последующей их оптимизацией, как и было изложено в данной статье. Все это в целом поможет создать акустический комфорт как в помещении домашнего кинотеатра, так и за его пределами.

Литература

1. Инсталляция домашнего кинотеатра. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <https://www.spb-hifi.ru/stati/installyatsiya-domashnego-kinoteatra>.
2. Установка домашнего кинотеатра. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <http://inter-systems.com.ua/news/13165/>.
3. Системы домашних кинотеатров и их инсталляции. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: http://www.allacoustics.ru/adv_top.htm.
4. Саввов В. Домашний театр. Большие и маленькие хитрости [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <http://www.component.ru/library/view.php3?id=38>.
5. Харли Р. Домашний кинотеатр для каждого // Р. Харли. Пер. С англ. – М.: Арт Аудио Пресс, 2001. – 200 с., ил.
6. Домашний кинотеатр на практике. Часть 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа к материалу: <https://www.ixbt.com/dvd/ht-room.shtml>.

#10 (38), 2018 część 2
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

#10 (38), 2018 part 2
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com/>

Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)
Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)
Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)
Kehan Schreiner(Hebrew University)
Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)
Anthony Maverick(Bar-Ilan University)
Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)
Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)
Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)
Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.

Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

E-mail: info@eesa-journal.com ,

<http://eesa-journal.com>