



#12(64), 2020 часть 2
Восточно Европейский научный журнал
(Москва, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском,
польском и немецком языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - A4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Каждый автор получает одну бесплатную
печатную копию журнала

Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Редакционная коллегия

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)**

#12(64), 2020 part 2
Eastern European Scientific Journal
(Moscow, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific areas.
The journal is published in Russian, English,
Polish and German.

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 экземпляров.
Отпечатано в ООО «Логика+»
125040, г. Москва, Россия
проспект Ленинградский, дом 1,
помещение 8Н, КОМ. 1
«Восточно Европейский Научный Журнал»
Электронная почта: info@eesa-journal.com,
<https://eesa-journal.com/>

**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)**
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.
Printed by Logika + LLC
125040, Moscow, Russia
Leningradsky prospect, building 1,
8N, flat. 1
"East European Scientific Journal"
Email: info@eesa-journal.com,
<https://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

Архитектура

Yeksarova N., Kyselyova A.

CONCEPTUAL MATRIX MODEL OF ACTIVATION OF THE HISTORICAL ENVIRONMENT BASED ON INCLUDING OBJECTS OF PUBLIC ART4

Науки о Земле

Макаров С.О.

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ УРАВНИВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ.11

Физико-математические науки

Алиев Т. М., Бахшиев Ш.Б., Джабиев.К.М.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЫ ОТ ВЕТВЯЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ19

Технические науки

Ponomarenko O.V., Moshensky A.A., Savchenko A.S.

THE METHODS OF MULTI-SITE DETECTION OF THE SOURCE OF ACOUSTIC NOISE BY INCOMPLETE AND NOISY DATA23

Семенов И.Е., Савчук Д.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЖЁСКОСТИ ЭЛАСТИЧНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА ПУТЁМ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ33

Усмонов Ф.Б., Каххоров Х.А., Яхшиев Е.Г.

ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ БЕТОНА СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА42

Халимбеков И.М.

О ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ НАД ФИНСКИМ ЗАЛИВОМ45

АРХИТЕКТУРА

УДК 72.01:72.012

Yeksarova Nadiia,

*PhD in Architecture, Associate Professor,
Professor of the Department of Architectural Construction,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

Kyselyova Alla*graduate student*

*Department of Architectural Construction
Odessa State Academy of Building and Architecture
Odessa, Didrihsona st. 4*

ORCID ID: 0000-0001-5438-7704

CONCEPTUAL MATRIX MODEL OF ACTIVATION OF THE HISTORICAL ENVIRONMENT BASED ON INCLUDING OBJECTS OF PUBLIC ART

Summary. Historical environment is a system of spaces that have an informed historical and cultural value. It's an organic space that structures and gives the city unity and identity, but at the same time being in constant adaptation to changing social requirement. To date, the atmosphere of the historical space becomes anachronistic, at a time when its content, perception and user experience changes. There is a need for the successive development of historical values and the acquisition of new environmental qualities. Public art objects provide an opportunity to take a fresh look at historical environment, they help to restore the local uniqueness of the space and emotional intensity. They fulfill the social function, interacting with architectural environment.

Development of a conceptual matrix model of the historical environment activation based on including objects of public art needs to be comprehended, because it reflects the modern vision of space enhancing the moment of its entertainment, emotional and informational saturation. The historical environment should present new values, educate human culture.

Key words: historical environment, activation, public art, conceptual model.

1. Introduction

The historical environment - is an urban organism, that has organically formed over the centuries, reflecting in its structure and appearance the historical stages of its existence and growth as well as their regular change (Lynch, 1960). The historical environment is valuable as the most capacious, meaningful and multifaceted cultural monument, where the main cultural values are concentrated.

An important condition for the formation of a full-fledged artistic environment of the city is the reproduction of cultural and historical content in its structures, that is, the reflection of world culture and at the same time the regional experience (Linda, 2000).

An attractive feature of the historical environment is the information stored in it about the evolution of the city and individual historical events (it's kind of «file» of traces of the past).

But the environment is developing constantly, which involves the development of new territories and periodic activation of existing architectural and historical spaces. The connection between the «old» and the «new» gives the urban environment four-dimensionality, where the fourth dimension is time (Ikonnikov 1986).

The need of the historic environment activation is one of the current problems of architecture today.

Activation – is the transition from a state of rest to movement, development; strengthening the actions, revitalization of activity (Spreiregen, 1965). This is a way to improve the space in order to achieve the

physical, psychological and spiritual comfort of a person in it (Votinov, 2013).

The research is based on works devoted to the problems of the theory of architectural environment (Ikonnikov, 1986; Linda, 2000; Shimko, 1990; Lynch, 1960; Rossi, 1966) and works devoted to the possibilities of adaptation and attractiveness of the historical places (Bouryak and Lombardini, 2015; Beliaeva, 1977; Cristofer Day, 1990; Gibson, 1950; Kwon, 1997, 2002; Lennard, 1984; Mironenko, 2009; Spreiregen, 1965; Votinov, 2013).

However, theoretical studies of the historical environment activation by including public art objects have not been sufficiently considered. This has made it necessary for further scientific research.

1.1 The structure of the architectural environment as a basis for the differentiation of design tasks

The image of the architectural environment initially and indissolubly connects the «reasons» of design – functions, and «consequences» - a complex of material-physical and aesthetic conditions of a functional task. I mean, the environment is inconceivable without the simultaneous existence and perception of the «shell» its «filing-in», «subjects» and «objects» of the activities carried out here (Shimko, 1990).

So Shimko identifies three main components of the architectural environment: *process* (live), *space* and *objects* (environmental art) (Fig.1).

They work only together. Changes in one transform the properties of the others, and the whole.

The foundation of the environmental art is considered as the «carriers» of the emotional principle – the participants of the process.

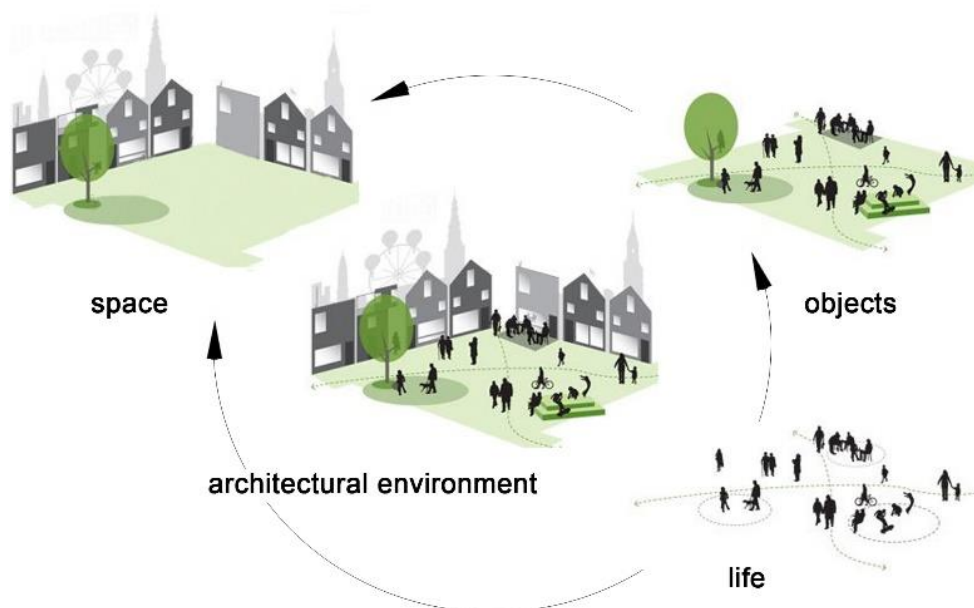


Figure 1. Structure of the architectural environment

People are «executors» of activities, as well as «observers» and «consumers» of environmental sensations.

Another component is the *architectural space*, these are areas, configurations of placements or open urban spaces. This is the respond to the challenges of process placement (Bazazyants, 1983).

The next structural block - is a set of «*design*» objects. They fill or equip the architectural space – from the functional necessary technical equipment to the graphic design and decorative and applied art.

It would be very tempting to take this conditional hierarchy of «blocks of environmental design» as the basis for the technology of design work with the environment. Where the initial will be the understanding of the problems of the environment functioning, and the end will be the emergence of a social and aesthetic climate, necessary for the function.

However, the connection between them are so mobile, and they themselves are so different that in the architectural environment the linear dependence of the order of work on the type of terms is not monitored (Shimko, 1990).

1.2 The origin of public art

Creating a space that would satisfy material and spiritual needs and stimulate the development of an individual and society as a whole has been a subject of an intensive search of modern architects, designers, art

historians, sociologists and psychologists and psychologists. An important role in formation of the spiritually ideal living conditions belongs to the objects of public art.

Public art – is art in the urban space, aimed at an unprepared viewer and implying his communication with environment (Kwon, 1997).

The semantic content was revealed by Charlotte Cohen: «...they are not only just those works of art that can be found on the street. Art, that has the status of public art, must be closely related to the history, function or cultural meaning of the place in which it is located».

Public art is diverse and includes visual art, interactive projects, urban design, performance art, audio installations, and many other forms created by the artist. Public art works can be located in planes that are not traditionally used for exhibiting works of art – on billboards, scaffolding, in parks, clinics, etc.

For a better understanding of what including public art, it needs a little structuring.

There are two types of public art: statial and temporal.

Statical types include land art as well as monumental art (Fig.2). Monumental art is the foundation and, at the same time, the most professional field of art in the public space (Bazazyants, 1983).



Figure 2. Examples of static public art. Armand Pierre Fernandez «Everybody's time». Robert Pruitt «The Andy Monument»

Temporary art forms such as carnival and street art, flash mob, performance (Fig.3), also serve to

activate the architectural environment, and have no less influence on space (Danysz, 2009).



Figure 3. Example of temporal public art. Performance in Times Square on July 14, 2011

2. Methods

Based on Shimko's conclusions, two components of environmental art are highlighted: *historical environment* (architectural space) and *public art objects* («design» objects). The third component – *the active process* – is considered at the point of their consolidation.

Viewers are considered as a prism in the research, which passes through itself all characteristics of the constituent components of the environment. People feel able to and appreciate the architectural environment, created according to their needs.

Taking the subject and object of research – historical environment and its activation based on the

inclusion of public art objects – as the basis a conceptual matrix model is build. It represents the core of the research program.

Conceptual model – a model of a subject area, consisting of a list of interrelated concepts, used to describe this area, together with properties and characteristics, the classification of these concepts, by types, situations, features in this area and the laws of the processes in it. The sequence of work in this case will be set by studying the characteristics of historical environment and environmental art at the point of their consolidation (Fig.4).

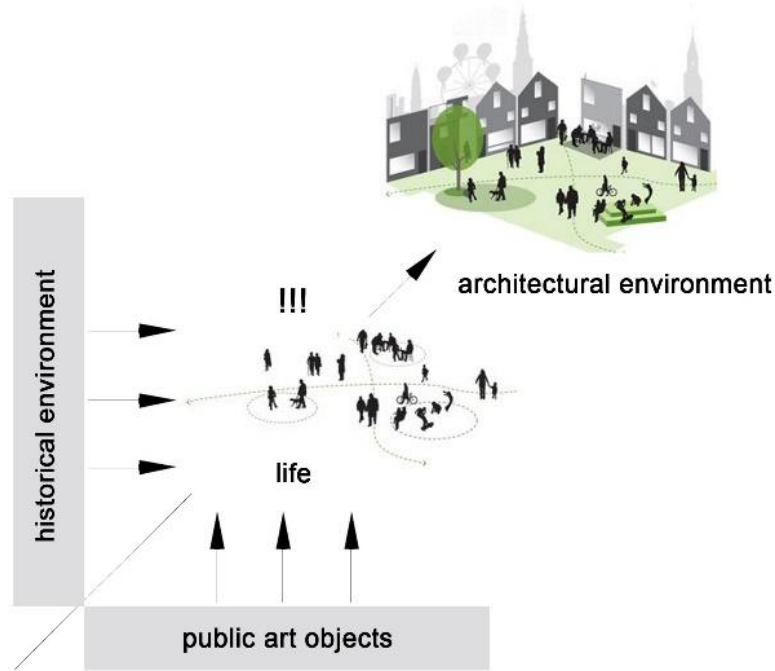


Figure 4. Concept model diagram

1.3 Procedure

The conceptual model is presented in the form of a matrix in which the main elements have connecting components. The main structural components are: historical environment and objects of public art. At the consolidation points of the components, an event process is formed, which «launches» the existing space. Thus, a model of various environmental situations of socio-cultural interaction is formed.

The result is the development of a strategy for the formation of a specific architectural situation as a result of the inclusion of a public art objects.

The first component is *historical environment*, as an environmental space, that requires activation. At the same time, the emotional and large-scale effect of perceiving the forms of the environment should: maintain appropriate impressions from the procedural activity; reveal the specifics of the environmental

object, which made it possible to construct this space; make the viewer feel the emotional and artistic meaning of the build spatial situation.

The second component is *public art object*, which should activate the environment (Fig.5). They are the ideological and aesthetic transformation of the environment, its decoration, enrichment, deciphering of the artistic meaning. I.e. public art objects are considered as: a set of independent environmental objects located in the environment; a complex artistic system of objects organized by this space.

The active process considers the parameters in the environment of life processes not as a given outside of design, but as a phenomenon that needs rational and artistic transformation. Through the transformation of a utilitarian necessity into an «art of living» beginning of work with public art objects.



Figure 5. Lorenzo Quinn's «Support», Venice

Each of the above component of the environment constitutes a conceptual model of matrix and carries a complex chain of characteristics. The analysis of the characteristics will present of recommendations for the

including objects of public art in different historical environments, depending on their socio-cultural, ergonomic-utilitarian and aesthetic-emotional characteristics (Fig.6).

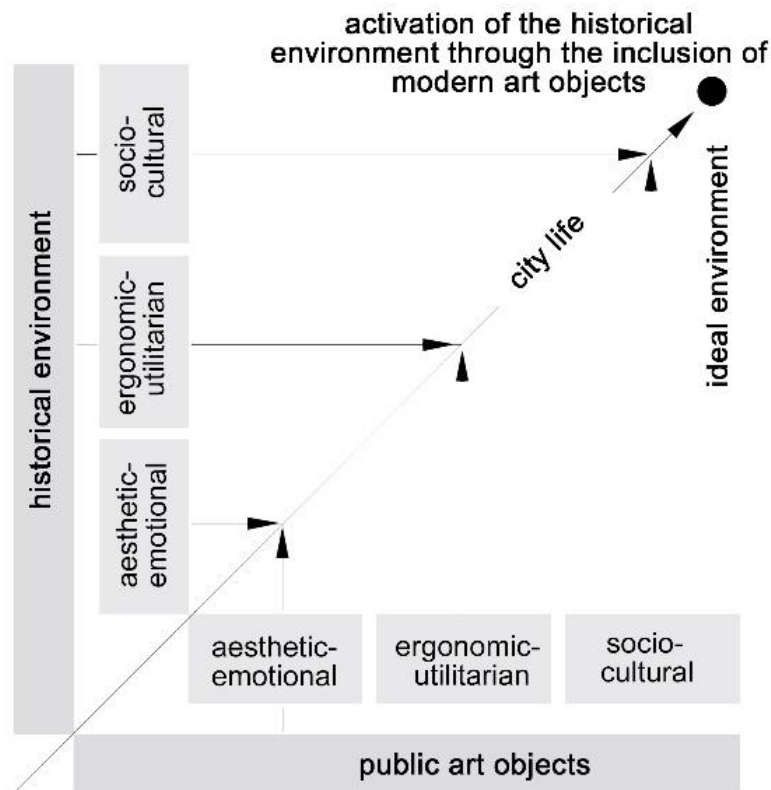


Figure 6. Conceptual matrix model of activation of the historical environment

1.4 Analysis

The architectural environment has a great impact on people's behavior and condition. It is able to nourish, support and balance the human soul, as well as doom it to starvation, suppress and pervert (Cristofer Day, 1990).

For the competent activation of the historical environment, it is necessary to listen to the unspoken by space. The place is not able to speak with the words, but we can listen to what it asks for, identify what it will perceive. However, listening alone is not enough, it is necessary to hear people who need different form of emphasizing the environment (Cristofer Day, 1990). This is how Le Corbusier designed not only the material environment, he also developed a kind of social utopia. People, according to him, should have received the maximum of individual freedom, by which he understood wide freedom of activity.

Results (Classification)

The basis of the conceptual matrix model is the subject and the object – historical environmental and its activation based on the including objects of public art. Each of them consists of a list of properties and characteristics.

Three main characteristics of the environmental components are highlighted:

- *socio-cultural*;
- *ergonomic-utilitarian*;

- *aesthetic-emotional*.

The first and fundamental characteristic of the components of the environment is the *socio-cultural*. It explores social needs based on age. The main task of such research is to obtain data on social processes for subsequent improved design of the living space (Lennard, 1984).

The next characteristic is *ergonomic-utilitarian*. This characteristic covers:

- *large-scale levels of the environment and the scale of public art objects*. By scale levels, the environment is divided into «micro-», «meso-», «macro-», «hyper-» levels. Object content changes with respect to large-scale levels of the space. In «micro-» and «meso-», typical objects that are comparable in scale to the size of a person and space are used. «macro-» spaces combine mass individual forms of content that are larger than a person. «hyper-» space – has equipment that is not tied to human scales at all, it's a space without visual correspondences.

- *levels of planning organization of space and composition planning schemes of placing objects*. Types of urban spaces differ in shape and geometry. Local formation – areas, intersections, tending to centrality, the formation of a single compact spot in the plan. Linear systems – streets, pedestrian, routes, waterways. Systems of dismembered interconnected spaces – park ensembles, sports complexes, residential

area etc. Based on the structural typology of spaces, public art objects can be divided into: island, transit and discrete according to compositional and planning solutions for their placement.

- *character of space and functional load.* Character of the environment is traditionally comprised of residential, public, street and urban spaces. The emotional and aesthetic impact of contemporary art

objects is their main focus. However, it should carry other functional loads, which depend on the purpose of the place in which it is located. Among them: aesthetic, sports, residential, recreation, lighting, information, trade, sanitary and catering function.

Aesthetic- emotional characteristic includes taking care of the sensory and visual components of the components. For study this

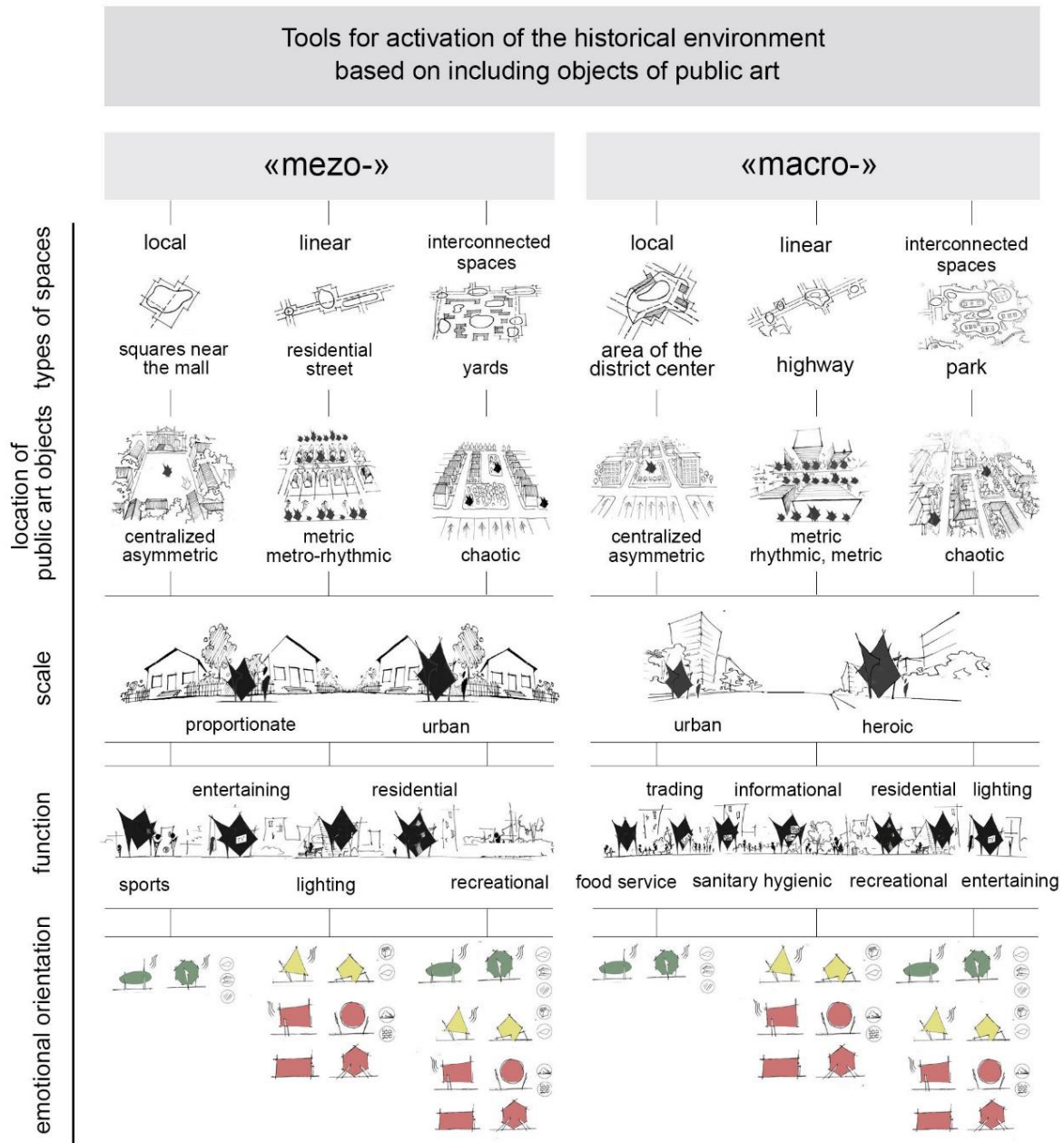


Figure 7. Tools for activation of the historical environment based on including public art characteristic, the following types of sensations were taken by the presence of direct contact with the stimulus: auditory, visual, olfactory and tactile sensations. All these external feelings may well indicate the vitality or destructiveness of the objects in the environment for the organism and state of mind.

Unfortunately, these sentences themselves are damaged and atrophied these days, that if not cultivated deliberately, their voices may be too weak to recognize the message.

3. Discussion

The characteristics of each component of the environment and their combination as a whole, constitute a conceptual matrix model of the historical environment activation based on including objects of

public art (Fig.7). The model helps to investigate the environmental requirements for places where a person can feel «at home» or communicate with ease, etc. In general, however, we rarely need to look into a special book to know what the effect of a particular design decision will be. Rather, we turn to personal experience, using ourselves as a tool for clarifying fact. Of course, everyone has their own preferences and associations, so one has to strive to distinguish what is personal or culturally predetermined from universal human reaction. It is known that we consider black to be mourning, and in the East, white plays the same role. In general, however, colours have physical characteristics and psychological effects, from which no one is protected, regardless of personal phobias or preferences. The same universal effects can be traced in geometry. They are also in proportions, since they are based on the measurements of the human body, which means in the scale and speed of movement.

Using the conceptual matrix model of the characteristics of all components, it is possible to develop a project approach to include various art objects for each type of place – a conceptual model. In it, particular provisions are formed into a complex, a system of mutually supporting each other instructions, free enough not to hamper the imagination and will of the author, but to save design from dead-end design decisions.

Conclusion

The main environmental task is the organization of emotionally saturated space with in-depth consideration of the individual needs of each in certain life conditions. The structure for solving the problem of activating the historical environment by including objects of public art has a complex system of prerequisites, aspects and project action. The matrix should be viewed as a cumulative principled model of the strategy for activating historical environment based on the public art inclusion. It is represented by a variety of characteristics, their concepts and connections between them, which determine the semantic structure of the subject and the object of research.

Modeling of the historical environment should be carried out from a special standpoint, as an independent systemic approach, in which the system has a very wide fan of connection. The activation of the historical environment, based on including public art objects, has a special system – forming structure, giving rise to

creative impulses in the environment and emotional-semantic responses in the perception of the addressee. Objects of public art as «living injections» should change the content of the historical environment, programming it for the system of environmental events – a new plot that will discharge, revitalize and modernize the existing space, arouse the interest of residents and increase the degree of communication.

The result of the appeal to the matrix is an aesthetically expressive historical space, comfortable for human life. A space with a new and perfect use case.

References

- Bazazyants S.B. (1983) Artist, space, Wednesday: Monumental art. Moscow: Soviet artist.
- Bouryak A., Lombardini N. (2015). Social and cultural fundamentals of city development. Textbook. Kharkiv, Operativna poligrafiya.
- Beliaeva O.L. (1977) Architectural and spatial environment of the city as an object of visual perception. Moscow, Stroyizdat.
- Cristofer Day (1990) Places of the soul. Architecture and the Environmental Design as a Healing Art. London, Aquarian, Thorsons.
- Ikonnikov A.V. (1986) Function, form and image of architecture. Moscow, Stroyizdat.
- Jacobs J. (2002) The Death and Life of Great American Cities. Random House
- Gibson J.J. (1950) Perception of the visual world. Boston, Houghton Mifflin Company.
- Shimko V.T. (1990) Architectural Formation of the Urban Environment. A Textbook for the Architect. Special universities. Moscow.
- Kwon M. (1997) Public art and Urban Identities. For Hamburg.
- Lennard S.N. & Lenard C.H. (1984). Public Life in Urban Places. NY, South Hampton: Grondolier Press.
- Linda S.M. (2000) Development of building the city during historicism. Vol.3. Lviv, Ethnology notebooks.
- Mironenko V.P. (2009) Architecture, design and ergonomics. Thematic dictionary.
- Votinov M.A. (2013) Socio town-planning background renovation of public spaces in the urban environment. Municipal economy of cities: No. 107. Engineering Sciences and Architecture.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 528.06
ГРНТИ 36.01

Макаров С.О.¹

*Старший лаборант кафедры
«Геодезия, геоинформатика и навигация»
Российский Университет Транспорта РУТ(МИИТ)
Москва, Россия*

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ УРАВНИВАНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ.

Makarov S. O.

Russian University Of Transport.

COMPARISON OF THE ACCURACY OF DIFFERENTIAL NETWORK EQUALIZATION USING DIFFERENT METHODS.

Аннотация. Оценка точности геодезических построения до сих пор является актуальной темой не только геодезии, но и геоинформатики. В связи с развитием вычислительных мощностей стали доступны те методы, которые были трудозатратными или попросту невозможными. В свою очередь различают различные подходы к уравниваю данных, имеющие в своей основе алгоритмы. Однако возникает вопрос – насколько достоверными мы получаем результаты после уравнивания.

Abstract. Evaluation of the accuracy of geodetic construction is still an urgent topic not only in geodesy, but also in geoinformatics. In connection with the development of computing power, those methods that were labor-intensive or simply impossible became available. In turn, there are different approaches to equalizing data that are based on algorithms. However, the question arises – how reliable we get the results after equalization.

Ключевые слова: ТМОГИ, ГНСС, уравнивание геодезических измерений, спутниковые дифференциальные сети, спутниковые методы

Key words: TMOGE, GNSS, adjustment of geodetic measurements, satellite differential network, a satellite-based methods

Введение

В настоящее время математическая обработка геодезических данных – одна из самых актуальных тем. Оценка качества полученных данных одно из перспективных направлений. В настоящее время существуют различные методы уравнивания геодезических данных: классические (параметрический и условный методы), все различные программные обеспечения в основе которых лежит алгоритм, опирающийся на метод наименьших квадратов и современные методы уравнивания данных с применением методов нелинейного программирования. В данной статье приведена основная теория по спутниковым методам, рассмотрен пример уравнивания существующей дифференциальной сети с применением классического метода уравнивания и программного обеспечения Trimble Business Centre (TBC). По результатам математической обработки спутниковых измерений приведена таблица, в которой приведена оценка точности измерений.

Основные сведения по спутниковым определениям

Геодезическое GPS оборудование и ГЛОНАСС/GPS системы в геодезии активно применяются в геологии, на начальных этапах

строительства, межевания, привязки контрольных точек разбивки теодолитных и тахеометрических ходов, с помощью GPS оборудования полевые геодезические работы выполняются в короткие сроки, позволяя не только собирать координатные данные, но и одновременно со сбором производить их обработку в реальном времени. Преимуществами GPS- технологий так же является возможность проводить измерения высокой точности в любое время суток, в любой точке, независимо от климатических условий или плохой погоды; отсутствие необходимости наличия видимости между точками, минимизация ошибок.[1-2].

Расстояние до спутника - псевдодальность вычисляется, как интервал времени между излучением сигнала на спутнике и приёмом его на приёмнике, умноженный на скорость распространения электромагнитных волн.

Координаты пункта по результатам спутниковых наблюдений определяются методом пространственной линейной засечки по исходным данным:

- координаты четырёх искусственных спутников земли ($X_1, Y_1, Z_1 \dots X_4, Y_4, Z_4$);
- результаты измерений дальностей между фазовым центром антенны приёмника на пункте P

и ИСЗ (R1, R2, R3, R4). На рис. 1 изображено применение спутниковых технологий при определении координат, с использованием 4х

приемников, имеющие одинаковые эфемериды [3-5].

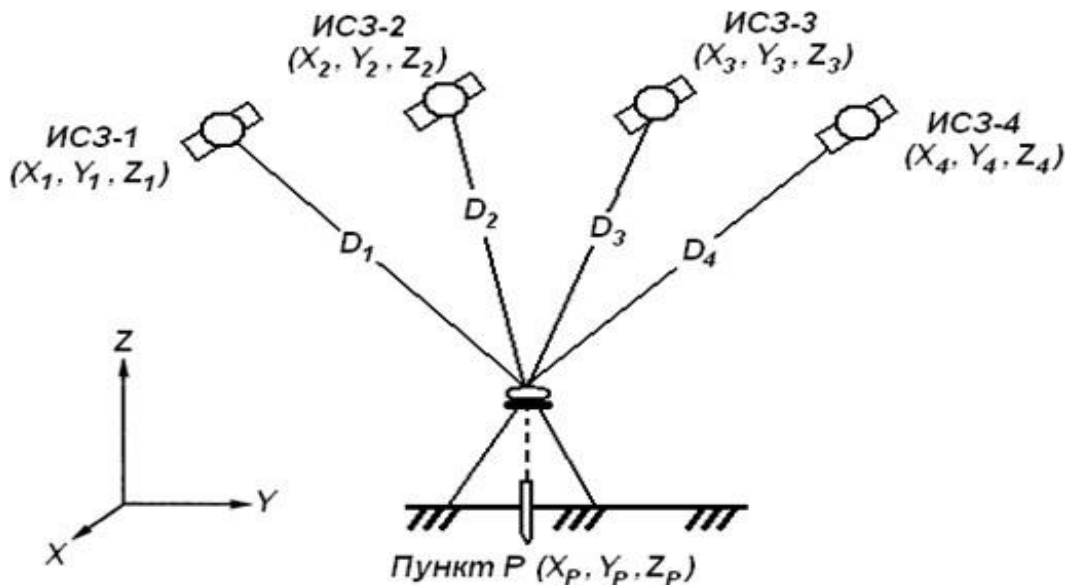


Рис. 1 Метод пространственной линейной засечки.

К сожалению, используя только один приемник мы можем получить погрешность до 7 метров. Именно поэтому необходимо использовать не менее 2-х. С другой стороны, в настоящее время

можно использовать дифференциальные сети, тем самым минимизируя погрешности измерений. На рис.2. изображен пример относительного метода определения координат.

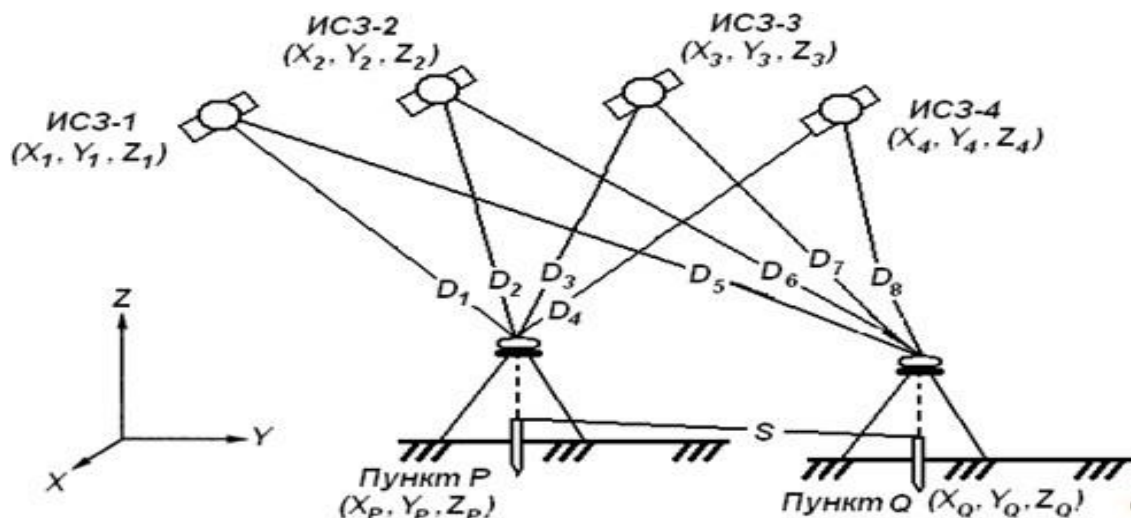


Рис. 2 - Относительный метод определения координат

$$\Delta X = X_Q - X_P; \quad \Delta Y = Y_Q - Y_P; \quad \Delta Z = Z_Q - Z_P; \quad S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$$

Суть метода заключается в том, что через спутниковые измерения определяются приращения координат искомого пункта Q, относительно опорного P.

Точность определения координат возрастает в разы, поскольку можно измерить расстояние на земной поверхности для более точного определения координат.

Уравнивание спутниковых данных с применением упрощенного классического метода уравнивания.

Упрощенный классический метод уравнивания предполагает использование элементов линейно алгебры. В таблице 1 приведены значения исходного пункта.

Таблица 1

№	X	Y	Z
1	2811450,988	2158239,108	5285093,057

В таблице 2 приведены данные, полученные в дифференциальной системе EFT-COORS[6].

Таблица 2

Приращения координат и длины векторов, используемые при уравнивании

	dX	dY	dZ	Длина
1-2	95816,76	-31035,908	-39067,095	108029,241
1-3	17326,471	-111154,87	34626,294	117705,531
1-4	-81036,978	41402,924	25193,952	94424,1978
1-5	-19489,858	101213,97	-31875,714	107889,682
2-3	-78490,288	-80118,967	73693,389	134203,166
4-2	176853,737	-72438,831	-64261,044	201628,645
5-2	115306,619	-132249,871	-7191,375	175605,696
4-3	98363,447	-152557,793	9432,345	181764,18
5-3	36816,331	-212368,84	66502,01	225562,594
5-4	-61547,12	-59811,047	57069,668	103064,816

После получения исходных данных находятся приближенные координаты путем прибавления к опорному пункту приращений координат.

Найдя все координаты приступаем к созданию матрицы коэффициентов уравнений поправок. Коэффициент состоит из следующих цифр: -1; 0; 1

- 1 ставится тогда, когда пункт находится в начале определяемого вектора

+ 1 в том случае, если пункт расположен в конце вектора

0, если пункт не участвует в определяемом векторе в таблице 3

Таблица 3

Матрица А, используемая в уравнивании упрощенным способом

вектора	Исходный 1			2			3			4			5		
	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 1-2	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0
2 1-3	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0
	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3 1-4	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4 1-5	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5 2-3	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
6 4-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0
7 5-2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1
8 4-3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0	0
9 5-3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0
10 5-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1

Столбцы, соответствующие исходному пункту исключаем. Для наглядности они были выделены желтым цветом, поскольку они не будут участвовать в уравнивании. Следующим этапом

вычисляем транспонированную матрица А [17-24, 35-38].

Далее вычисляем $A^T A$, ее размер будет 12×12 . В таблице № 4 представлено произведение двух матриц [7].

Произведение 2х матриц

4	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0
0	4	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0
0	0	4	0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1
-1	0	0	4	0	0	-2	0	0	-1	0	0
0	-1	0	0	4	0	0	-2	0	0	-1	0
0	0	-1	0	0	4	0	0	-2	0	0	-1
-1	0	0	-2	0	0	5	0	0	-1	0	0
0	-1	0	0	-2	0	0	5	0	0	-1	0
0	0	-1	0	0	-2	0	0	5	0	0	-1
-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	4	0	0
0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	4	0
0	0	-1	0	0	-1	0	0	-1	0	0	4

Найдя произведение матриц находим обратную матрицу.

Таблица 5

$(A^T A)^{-1}$

0,5	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0
0	0,5	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,3	0
0	0	0,5	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,3
0,3	0	0	0,6	0	0	0,4	0	0	0,3	0	0
0	0,3	0	0	0,6	0	0	0,4	0	0	0,3	0
0	0	0,3	0	0	0,6	0	0	0,4	0	0	0,3
0,3	0	0	0,4	0	0	0,5	0	0	0,3	0	0
0	0,3	0	0	0,4	0	0	0,5	0	0	0,3	0
0	0	0,3	0	0	0,4	0	0	0,5	0	0	0,3
0,3	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,5	0	0
0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,5	0
0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,3	0	0	0,5

Подсчитав обратную матрицу приступаем к подсчету вектора L.

Вычисляем вектор L по формуле 1:

$$l_{xij} = (X_{0j} - X_{0i}) - D_{xij} \tag{1}$$

Рассчитав вектор L приступаем к определению вектора d, используя формулу:

$$d = (A^T A)^{-1} * (- A^T L) \tag{2}$$

Подсчитав столбец d приступаем к определению поправок к приращениям координат. Для этого существует формула: $V = Ad + L$ (45)

На рисунке 17 приведены данные, используемые для нахождения приращений координат. Также вычисляются и исправленные приращения координат по формуле (46):

$$dX_{испр} = dX + V \tag{46}$$

Ad	V	V трансп		
		vX	vY	vZ
0,000	0,000			
0,002	0,002	0,000	0,002	0,002
0,002	0,002	0,000	0,000	-0,001
0,000	0,000	0,001	-0,001	0,000
0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,002
-0,001	-0,001	0,000	0,001	-0,001
0,001	0,001	0,000	0,002	-0,001
-0,001	-0,0009	-0,001	-0,003	-0,002
0,000	0,000	0,002	-0,001	-0,002
-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,001
-0,001	-0,001	0,001	0,002	-0,001
-0,002	-0,002			
0,001	0,000			
-0,004	0,001			
-0,001	-0,001	исправленные приращения		
		dX	dY	dZ
-0,001	0,000	95816,760	-31035,906	-39067,093
0,003	0,002	17326,471	-111154,870	34626,293
0,002	-0,001	-81036,977	41402,923	25193,952
0,000	-0,001	-19489,859	101213,969	-31875,716
0,004	-0,003	-78490,288	-80118,966	73693,388
0,004	-0,002	176853,737	-72438,829	-64261,045
0,000	0,002	115306,618	-132249,874	-7191,377
0,000	-0,001	98363,449	-152557,794	9432,343
0,001	-0,002	36816,330	-212368,840	66502,011
0,001	-0,001	-61547,119	-59811,045	57069,667
0,000	0,000			
0,003	0,001			
0,001	0,001			
0,001	0,002			
0,001	-0,001			

Рисунок 3

Уравнивание спутниковых данных с применением программного обеспечения Trimble Business Centre

Trimble Business Centre (TBC) – программное обеспечение, предназначенное для обработки геодезических данных.

В данное ПО можно импортировать данные с электронных тахеометров, нивелиров и спутниковых приемников.

Обработка данных со спутниковых приемников

Программный комплекс TBC позволяет импортировать результаты измерений с приемников компании Trimble, а также в формате RINEX. Также можно проверить данные и при необходимости исправить их.

Порядок работы в данной системе.

1. Создание проекта в TBC и выбор шаблона metric.

2. Импорт сырых данных, полученных со спутникового приемника или дифференциальной сети.

3. Следующий пункт – обработка базовых линий. Процесс обработки отображен на рис 4. По типу решения принято выделять следующие три вида:

Фиксированное решение – когда обработка происходит в доступе по СКО

Плавающие решение – когда немного превосходит допустимое

Решение не найдено – обработка базовой линии значительно превосходит допуск по точности.

Также на рисунке 4 в последнем столбце отображается длина векторов. Расстояние между пунктами: Минимальное: 94,424 км. Максимальное: 225,562 км.

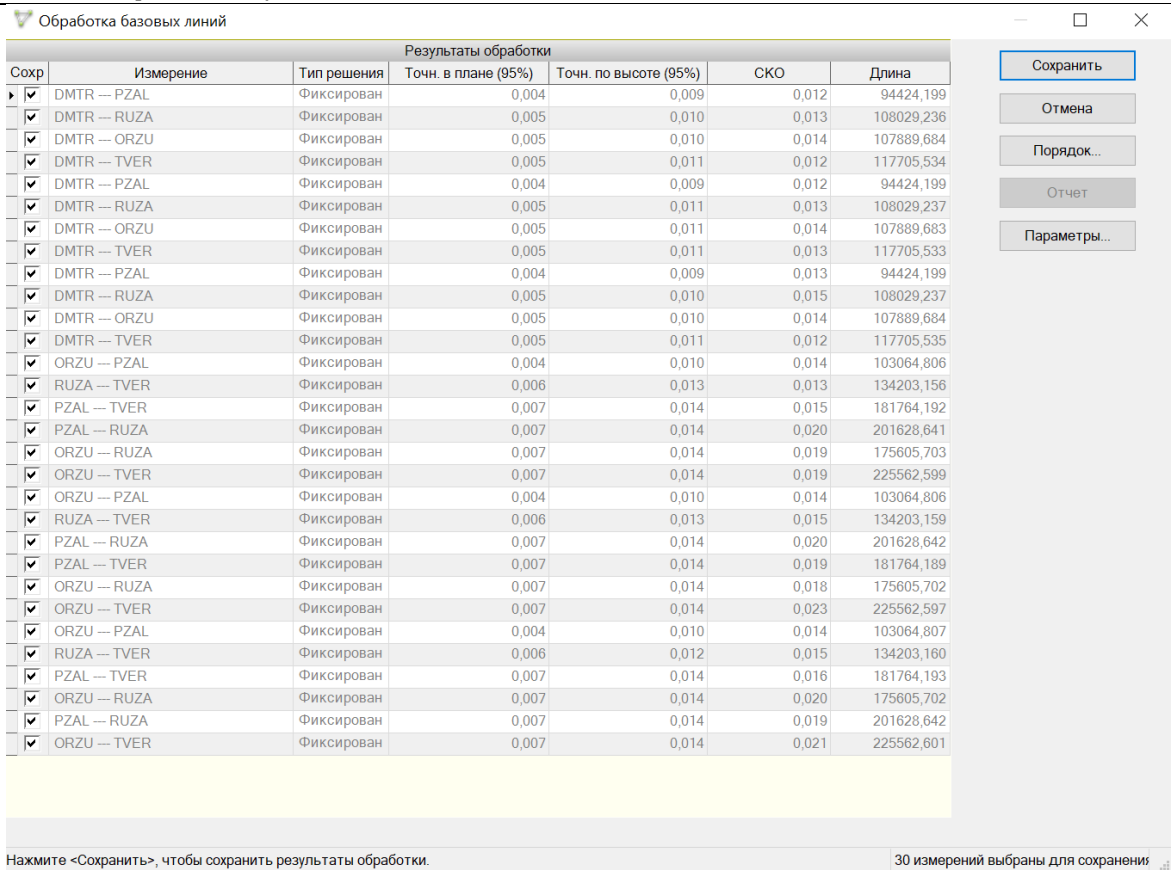


Рисунок 4 - Обработка базовых линий

После обработки базовых линий происходит процесс уравнивания сети. На рис 5 приведен фрагмент меню ТВС. Команда «уравнивание» находится в разделе Геодезические. В данном пункте меню находится две команды уравнивания:

- 1.1. Уравнивание хода предназначено для наземной съемки: нивелирного хода, либо теодолитно-высотного (тахеометрического) хода
- 1.2. Уравнивание сети предназначено для обработки данных спутниковой съемки (спутниковой сети)

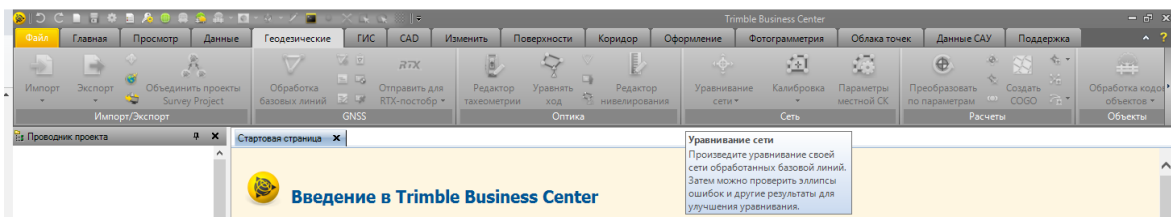


Рисунок 5 - Уравнивание в ТВС

На рис 6 приведено меню, связанное с уравниванием сети, построенной с применением спутниковых приёмников. При отсутствии опорных точек в таблице, изображённой на рисунке 10 будут пустые строки;

- 2 – уравнивание по плановому положению точек
- h – Уравнивание по высотному положению

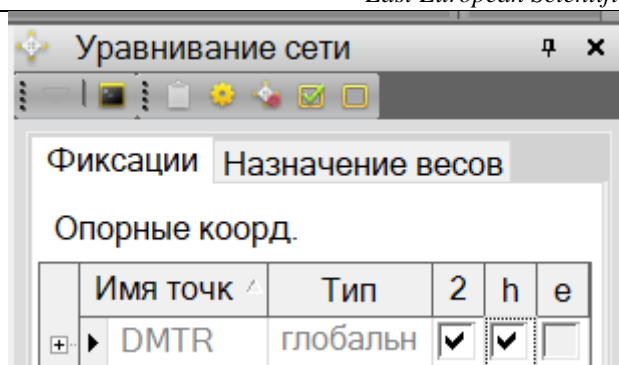


Рисунок 6 – фрагмент меню из уравнивания сети

Результаты уравнивания можно посмотреть в отчете по уравниванию.

В качестве исходных данных использовались данные спутниковых наблюдений, взятые с

дифференциальной сети EFTCORS. В таблице 6 приведены координаты станций, на которых проводилась съемка.

Таблица 6

Координаты пунктов сети – «сырые данные»

№	X	Y	Z
DMTR	2811450,988	2158239,108	5285093,057
ORZU	2791961,105	2259453,076	5253217,309
PZAL	2730413,996	2199642,027	5310286,975
RUZA	2907267,745	2127203,201	5246025,953
TVER	2828777,46	2047084,231	5319719,347

Выполняя простейшие математические преобразования получаем усредненные значения ошибок, полученных с использованием

программного обеспечения ТВС. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7.

Результаты математической обработки.

t	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м
1	0,006	0,005	0,01
2	0,004	0,003	0,007
3	0,003	0,003	0,005
4	0,003	0,003	0,005
5	0,003	0,002	0,005
8	0,002	0,002	0,004
8	0,005	0,004	0,008
10	0,002	0,002	0,003

Выполнив математическую обработку приступаем к оценке точности

Таблица 8

Сводная по результатам вычисления абсолютных ошибок

по формуле			
t	ΔX , м	ΔY , м	ΔZ , м
1	0,014	0,007	0,025
2	0,017	0,008	0,029
3	0,015	0,007	0,018
4	0,008	0,005	0,009
5	0,004	0,003	0,007
6	0,004	0,003	0,007
8	0,004	0,003	0,007
10	0,004	0,003	0,007

Приведем данные из таблиц 6,7,8 в одну общую – таблицу 9.

Таблица 9

Оценка точности геодезических данных

t	по ТВС			Истинные			по формуле		
	$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$\Delta Z, \text{ м}$	$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$\Delta Z, \text{ м}$	$\Delta X, \text{ м}$	$\Delta Y, \text{ м}$	$\Delta Z, \text{ м}$
1	0,006	0,005	0,01	0,01	0,007	0,019	0,014	0,007	0,025
2	0,004	0,003	0,007	0,01	0,005	0,017	0,017	0,008	0,029
3	0,003	0,003	0,005	0,009	0,004	0,01	0,015	0,007	0,018
4	0,003	0,003	0,005	0,003	0,004	0,004	0,008	0,005	0,009
5	0,003	0,002	0,005	0,003	0,002	0,005	0,004	0,003	0,007
6	0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	0,004	0,004	0,003	0,007
8	0,005	0,004	0,008	0,002	0,002	0,004	0,004	0,003	0,007
10	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,004	0,004	0,003	0,007

Сравнивая результаты, полученные путем нахождения тремя разными способами, приходим к выводу, что значения довольно сильно разнятся. Рассматривая таблицу 70, приходим к выводу, что ТВС даёт несколько завышенные требования, по сравнению с истинными абсолютными погрешностями.

Заключение

В статье были рассмотрены различные подходы к уравниванию данных, полученных в результате спутникового позиционирования. Обработка производилась различными подходами: при использовании программного обеспечения и классического метода уравнивания геодезических данных. Анализируя полученные поправки, можно увидеть, что уравненные данные получаются довольно точными вплоть до 0,9 мм, в связи с чем можно предположить, что данный метод получается одним из точных в нахождении эталонных координат. Также одним из выводов может служить тот факт, что современное программное обеспечение даёт заниженные результаты, чем существуют на самом деле. Надеюсь, что будут такие программные обеспечения, которые будут давать достоверные результаты.

Литература

1. Куприянов А.О. Цифровое моделирование железнодорожного пути // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 3 (15). – с.104-114.
2. Цветков В.Я., Шлапак В.В. Современные методы получения геодезической информации. // Инженерные изыскания. -2013. - № 4. - с.14-17.
3. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов// Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282.
4. Господинов С.Г. Геодезическое обеспечение цифрового моделирования // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №4 (16). – с.121–
5. Макаров С.О. Сравнительные оценки качества определения кадастровых границ на основе различных методом измерений// Славянский Форум, 2018, №2(20). С. 197-200.
6. Тихонов А.Д., Кичатова И.М. Обзор сетей постоянно действующих базовых станций//Мир измерений. – 2019 - №1 – С. 26-28.
7. Мартышевская И.С., Тихонов А.Д. Сравнение различных способов уравнивания геодезических сетей, построенных спутниковой аппаратурой // Славянский форум. – 2018. - №3(21). С. 26-28

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 519.21

Алиев Т. М.

 кандидат физико-математических наук, доцент
 Институт Систем Управления НАНА

Бахшиев Ш.Б.

 кандидат технических наук
 Институт Систем Управления НАНА

Джабиев К.М.

 Ведущий специалист по обеспечению программ, докторант
 Института Систем Управления НАНА,
 Технология ДН

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЫ ОТ ВЕТВЯЩИХСЯ ПРОЦЕССОВ

Резюме. Рассматривается марковский ветвящийся процесс $x_t, t \geq 0$, описывающий эволюцию одного типа частиц и с заданными локальными переходными вероятностями. Задавая последовательность независимых случайных процессов вводится интегральный функционал $y_t, t \geq 0$, выраженный через эти процессы.

Изучение марковского процесса $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$, однородного по второй компоненте сводится к изучению самого ветвящегося процесса $x_t, t \geq 0$.

Ключевые слова: однородность по второй компоненте, ветвящийся процесс, безгранично делимый закон, свертка производящей функции.

1. Введение

Пусть $x_t, t \geq 0$ марковский ветвящийся процесс, описывающий эволюцию одного типа частиц. Если $x_t, t \geq 0$ помимо этого является

однородным во времени процессом, а при $k, r \geq 0 \{p_{kr}(t, s)\}$ является его переходными вероятностями, то при $\Delta \rightarrow \infty$

$$\lim_{\Delta \rightarrow \infty} p_{kr}(t, t + \Delta) = \delta_{kr} + k\lambda_{r-k+1}(t)\Delta + o(\Delta), \quad (1)$$

где δ_{kr} - символ Кронекера и $\lambda_0(t) \geq 0, \lambda_k(t) \leq 0, k \geq 1$ некоторые заданные функции от параметра t и

$$\sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k(t) \equiv 0.$$

Наряду с $x_t, t \geq 0$ задана последовательность случайных процессов

$$0 \leq \xi(t), \xi(t, 0), \xi(t, 1), \dots$$

со значениями в $E = [0, \infty)$. Если $\xi(t), t \geq 0$ известно из общей теории процессов с процессом с независимыми приращениями, то как независимыми приращениями

$$M \exp\{-z\xi(t)\} = \exp\left\{\int_0^t \mu(u, z) du\right\},$$

где $\mu(u, z), z \geq 0$ известная интегрируемая функция. Рассмотрим функционал

$$y_t = \int_0^t d\xi(ux_u) + \int_0^t \xi(u, x_{u+du} - x_u + 1) du.$$

Тогда процесс $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$, является марковским процессом, однородным по второй компоненте [1]. При этом вторая компонента не является дискретной.

Теория ветвящихся случайных процессов полностью изложена в фундаментальных работах [2] и [3]. По следам этих работ эти процессы были изучены с различных точек зрения. Так, предельные теоремы и асимптотические поведения ветвящихся процессов были изучены в монографии [4] и в работе [5]. Помимо этого с практической точки зрения аддитивные функционалы от ветвящихся процессов имеют особое значение.

В этом плане в работе [6] исследуется ветвящийся процесс с одним типом частиц, превращения которых могут зависеть от их возраста. При этом каждая частица в течение всего времени своего существования занята производством некоторого продукта. Тогда каждой частице отвечает некоторый случайный процесс $\xi_t, t \geq 0$, (количество продукта) произведенного одной частицей за время её существования. Предполагается, что траектории процесса ξ_t не имеют разрывов второго рода и что процессы $\xi_t, t \in (0, \tau]$, отвечающие различным частицам, независимы и одинаково распределены.

Считается, что с вероятностью 1 время жизни одной частицы $\tau > 0$. Объектом изучения автора работы [6] являлся случайный процесс $\zeta_t, t > 0$, который можно определить как суммарное количество продукта, накопленного всей популяцией за время t . Поведение процесса $\zeta_t, t \geq 0$, зависит от самого $\xi_t, t \in (0, \tau]$. Так, например, если $\xi_t = 1, t \in (0, \tau]$, то ζ_t есть общее число частиц, существовавших в ветвящемся процессе на интервале времени $[0, t]$ его эволюции.

Если x_t количество частиц в рассматриваемом ветвящемся процессе в момент времени $t \geq 0$, то двумерный случайный процесс $\{x_t, \zeta_t\}, t \geq 0$ является основным для изучения асимптотического поведения процесса $\zeta_t, t > 0$. А именно, устанавливается, что предельная величина $\eta = \lim \zeta_t$ существует почти наверное. Она конечна тогда и только тогда, когда $x_t = 0$.

Следуя [6] и подобных работ аддитивные функционалы от ветвящихся процессов были изучены и в работах [7] и [8].

В отличие от названных работ, в настоящей работе наряду с заданным марковским ветвящимся процессом $x_t, t \geq 0$ вводятся такие интегральные функционалы $y_t, t \geq 0$, что $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$ становится марковским процессом, однородным по второй компоненте.

При этом основным фактором является задание последовательности независимых случайных процессов, обеспечивающих однородность по второй компоненте процесса $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$.

2. Основные результаты

Покажем, что изучение процесса $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$ сводится к изучению процесса $x_t, t \geq 0$, Введем

$$p_{kr}^{(z)}(t, s) = M(e^{-z(y_s - y_t)}, x_s = r/x_t = k), z \geq 0.$$

Очевидно, что $\sum_r p_{kr}^{(z)}(t, s) \leq 1, z \geq 0$.

Состояниями процесса $x_t, t \geq 0$, является состояния $\{0, 1, \dots, \infty\}$, а « ∞ » поглощающее состояние.

Согласно (1) имеем, что

$$p_{kr}^{(z)}(t, t + \Delta) = \delta_{kr} + k\lambda_{r-k+1}^{(z)}(t)\Delta + o(\Delta), (2)$$

где $\lambda_{r-k+1}^{(z)}(t)$ определяются так $\lambda_1^{(z)}(t) = \lambda_1(t) + \mu(t, z) \leq 0$, поскольку

$$\lambda_1(t) \leq 0, \mu(t, z) \leq 0$$

$$\lambda_k^{(z)}(t) = \lambda_k(t) \cdot \mu_k(t, z) \geq 0, k \geq 0.$$

$$\mu_k(t, z) = M e^{-z\xi(t, k)}$$

Тогда $\lambda_k^{(z)}(t) - \lambda_1^{(z)}(t)$ вероятность того, что в момент гибели частица порождает k частицу

Обозначим

$$P_k^{(z)}(t, s, \theta) = \sum_{r=0}^{\infty} p_{kr}^{(z)}(t, s) \theta^r \quad |\theta| \leq 1$$

По определению ясно, что $P_k^{(z)}(t, s, \theta)$ является k -ой сверткой производящей функции $P^{(z)}(t, s, \theta)$, т.е.

$$P_k^{(z)}(t, s, \theta) = [P^{(z)}(t, s, \theta)]^k,$$

а $P^{(z)}(t, s, \theta)$ удовлетворяет уравнению при $t \leq s$

$$\frac{\partial P^{(z)}(t,s,\theta)}{\partial t} = -\lambda^{(z)}(t, P^{(z)}(t,s,\theta)), \quad |\theta| \leq 1, \quad (3)$$

а функция $\lambda^{(z)}(t, \theta)$ определяется как

$$\lambda^{(z)}(t, \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda_k^{(z)}(t) \theta^k \quad |\theta| \leq 1 \quad (4)$$

Заметим, что для существования решения уравнения (3) необходимо сходимость ряда $\sum_{k=0}^{\infty} k \lambda_k(t) \mu_k(t, z)$. Если $x_t, t \geq 0$, ветвящийся процесс, то у процесса $\{x_t, y_t\}, t \geq 0, x_t < \infty$, и мы имеем, что

$$M(\theta^{x_s} e^{z(y_t - y_s)}; x_s < \infty) = M(P^{(z)}(t, s, \theta))^{x_t}$$

Из (4) можно установить, что

$$\lambda^{(z)}(t, \theta) = \lambda_1^{(z)}(t) - \lambda_1^{(z)}(t) \theta^{n+1}$$

и

$$\frac{\partial P^{(z)}(t, s, \theta)}{\partial t} = -a(t, z) P^{(z)}(t, s, \theta) + b(t, z) [P^{(z)}(t, s, \theta)]^{n+1}$$

Тогда ясно, что $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$ является безгранично делимым законом [9]. Введем обозначения

$$\lambda_k^{(z)}(u, \theta) = \sum_{j=0}^{\infty} \lambda_j^{(z)}(u) \theta^{j-1}, \quad u \in [t, s]$$

$$a_u(\theta, z) = \mu(s+t-u, z) + \lambda_2^{(z)}(s+t-u, P^{(z)}(t, s+t-u, \theta)) - \lambda_1^{(z)}(s+t-u, P^{(z)}(t, s+t-u, \theta))$$

Согласно теории безгранично делимых законов имеем, что $a_u(\theta, z)$ - является кумулянтной некоторого безгранично делимого закона. Введем обозначения

$$\begin{aligned} c_u &= \lambda_0(s+t-u), \\ d_u(z) &= \mu_0(s+t-u, z), \\ l_u &= -\lambda_1(s+t-u, P(t, s+t-u; 1)). \end{aligned}$$

Величина c_u характеризует интенсивность гибели частицы. По построению $a_u(\theta, z)$ является кумулянтной закона $\alpha_u, u \geq 0$, которой является безгранично

На отрезке $[t, s]$ зададим следующие делимым, а α_u^0 и α_u^1 определяются так:

$$1^0. \alpha_u = \{\alpha_u^0, \alpha_u^1\}$$

$$M \theta^{\alpha_u^0} e^{-z \alpha_u^1} = \exp \left\{ \int_t^u a_u(\theta, z) du \right\}$$

$$2^0. \beta_u = \{0, \beta_u^1\},$$

$$M e^{-z \beta_u^1} = d_u(z), \quad u \geq t.$$

$3^0. \gamma_u, u \geq 0$ цепь Маркова с фазовым пространством $\{0, 1, \dots, \omega\}$, причем $\gamma_0 = 0$. Она имеет на отрезке $[u, u + \Delta]$ локальные переходные вероятности

$$k \xrightarrow{\Delta} \begin{cases} k: 1 - l_u \Delta + o(\Delta) \\ k+1: c_u \Delta + o(\Delta) \\ \omega: (l_u - c_u) \Delta + o(\Delta) \end{cases}$$

$$\omega \xrightarrow{\Delta} \begin{cases} \omega: 1 - c_u \Delta + o(\Delta) \\ 0: c_u \Delta + o(\Delta) \end{cases}$$

Очевидно, что цепь $\gamma_u, u \geq 0$ является Тогда
регулярной [2].

$$\bar{\gamma}_u = \begin{cases} u, \gamma_u = \omega \\ 0, \gamma_u \neq \omega \end{cases}$$

тоже будет марковской цепью. Пусть
Итак имеем такой результат:

$$v_u = \sup_{\vartheta} \{ \vartheta < u; \gamma_{\vartheta+0} - \gamma_{\vartheta-0} \neq 0 \}$$

Ясно, что v_u момент последнего скачка цепи γ Построим процесс ε_u с дискретным
предшествующий перед u . вмешательством случая таким образом

$$\varepsilon_u = \{ \varepsilon_u^0, \varepsilon_u^1 \} = (\beta_{v_u} + \alpha_u - \alpha_{v_u}) \sigma \{ \bar{\gamma}_u = 0 \} + \omega \sigma \{ \bar{\gamma}_u = \omega \} \quad (5)$$

где ω - символ, характеризующий
дополнительную точку фазового пространства.
Фазовое пространство процесса ε_u :

$$\varepsilon_u \in \{0, 1, \dots\} \times EU\{\omega\}.$$

В (5) $\sigma \{ \bar{\gamma}_u = \omega \}$ указывает индикатор события Если $\varepsilon_t = (1, 0)$, то
 $\{ \bar{\gamma}_u = \omega \}$. Ясно, что ε_u зависит от $\gamma_u, u \geq 0$.

$$M(\theta^{\varepsilon_s^0} e^{-z \varepsilon_s^1}; \varepsilon_s \neq \omega) = P^{(z)}(t, s, \theta)$$

Если $\lambda_0(t) = 0$, то

$$P\{x_s = k, y_t - y_s \in A / x_t = 1\} = P\{\bar{\gamma}_s = 0 / \bar{\gamma}_t = 0\} P\{\alpha_s^0 - \alpha_t^0 = k - 1 / \alpha_s^1 - \alpha_t^1 \in A\}.$$

Таким образом, по известным условным
вероятностям безгранично делимого закона
 $\alpha_u, u \in [t, s]$ и цепи $\bar{\gamma}_u, u \geq 0$ можно найти
распределение процесса $\{x_t, y_t\}, t \geq 0$, и тем
самым распределение самого ветвящегося процесса
 $x_t, t \geq 0$.

Литература

[1].Ежов И.И., Скороход А.В. Марковские процессы, однородные по второй компоненте. Сб. «Теория вероятностей и ее применение», вып. 1,4, 1969.
[2].Б.А. Севастьянов, Ветвящиеся процессы М. изд-во «Наука» 1971.
[3].Т.Харрис, Теория ветвящихся случайных процессов, М. изд-во. «Мир», 1966.
[4]. S.Aliev, Y.I. Yeleyko and I.B. Bazylevych, Limit theorems and transitional, phenomena in the theory of branching processes. Monoqrafiya, Mathematical studies, Monograph Series, v. XIV, VNTL, 2010, 256 p.

[5].S.A. Aliev., F.Rahimov and M. Navidi On asymptotic behavior of conditional probability of crossing the nonlinear boundary by perturbed random walk. Theory of stochastic processes, 17(34), 2011, p.5-11.
[6].В.М. Шуренков, Об аддитивных функционалах от ветвящихся процессов «Теория случайных процессов», 1977, с. 389-394.
[7].S. Hautphenne and G. Latonche, Lyapunov exponent for multitype branching processes in a random environment. The University of Queensland. Oct. 2014. Brisbane, Australia Invited by Dr. Yoni Nazarathy.
[8].S. Hautphenne and G. Latonche, Multiple branching processes in a random environment: Would they survive forever? The 50th ANZIAM Applied Mathematics conference, Feb.2014, Rotorua , New Zeland.
[9]. Б. Рамачандран, Теория характеристических функций, М. Издв «Наука» 1975.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004:519.87(045)
ГРНТИ 28.29.51

Ponomarenko Oleksandr V.

*PhD, Associate Professor
Director College of Engineering and Management
National Aviation University - Kiev, Ukraine*

Moshensky Andrew A.

*PhD, Associate Professor
Department of Computer Information Technologies
National Aviation University - Kiev, Ukraine*

Savchenko Alina S.

*PhD, Associate Professor, head of department
Department of Computer Information Technologies
National Aviation University - Kiev, Ukraine*

THE METHODS OF MULTI-SITE DETECTION OF THE SOURCE OF ACOUSTIC NOISE BY INCOMPLETE AND NOISY DATA

Пономаренко Александр

*Кандидат технических наук, доцент
Директор колледжа инженерии и менеджмента
Национальный авиационный университет - Киев, Украина*

Мошенский Андрей

*Кандидат технических наук, доцент
Кафедра компьютерных информационных технологий
Национальный авиационный университет - Киев, Украина*

Савченко Алина

*Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой
компьютерных информационных технологий
Национальный авиационный университет - Киев, Украина*

МЕТОДЫ МНОГОПОЛОСНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА ПО НЕПОЛНЫМ И ШУМОВЫМ ДАННЫМ

Summary. The methods of detection of acoustic noise signals generated at the expiration of a fluid through a defect of a pipeline under pressure. The fundamental difference of this method is to refine the model of useful and interfering signals, such as data loss and noise. The results of theoretical analysis of the detection method and the coordinate measuring acoustic source are represented. For efficient detection and location of breaks in pipelines under the ground or under water, has developed a computerized system for remote detection methods with multi site tomographic detection on incomplete and noisy data. The detector-meter circuit, and results of the qualitative analysis of the time characteristics are shown.

Аннотация. Методы обнаружения сигналов акустического шума, возникающих при истечении жидкости через дефект трубопровода под давлением. Принципиальное отличие этого метода заключается в уточнении модели полезных и мешающих сигналов, таких как потеря данных и шум. Приведены результаты теоретического анализа метода обнаружения и координатно-измерительного источника звука. Для эффективного обнаружения и локализации разрывов трубопроводов под землей или под водой была разработана компьютеризированная система для удаленных методов обнаружения с многоточечным томографическим обнаружением неполных и зашумленных данных. Приведена схема детектора-измерителя и результаты качественного анализа временных характеристик.

Keywords: *segment-fanned Radon transformations, tomographic signal processing.*

Ключевые слова: *сегментно-векторное преобразования Радона, томографическая обработка сигналов.*

I. Introduction

Detection and measurement of coordinates of sources of acoustic signals is rather difficult problem because of incomplete data, presence interference and noises, especially for hidden (underground or underwater) sources. This problem actually is the

problem of emission computer tomography [1]. The complex envelopes in coherent tomography or signal real envelopes in non-coherent tomography are registered on the set of searching angles.

The structure of the construction of the acoustics emission system of the place location of through

defects (flaws) in pipelines is considered. Detection and determination of coordinates of flaws in pipelines under pressure is rather difficult problem, especially for hidden (underground or underwater) pipelines [2]. In these cases it has to apply the methods of remote sensing with combined (linear and/or circular) arrangement of sensors (see Fig. 1). Any sensor from

the set S_1, S_2, \dots, S_N makes primary signal processing: noise filtration, amplification and preparation signal to transmission through telecommunication line. Then the information from the set of sensors is transferred to the system of joint signal processing. Control system (not shown) provides time matching of scanning and/or shift of sensors for observation the same viewpoint.

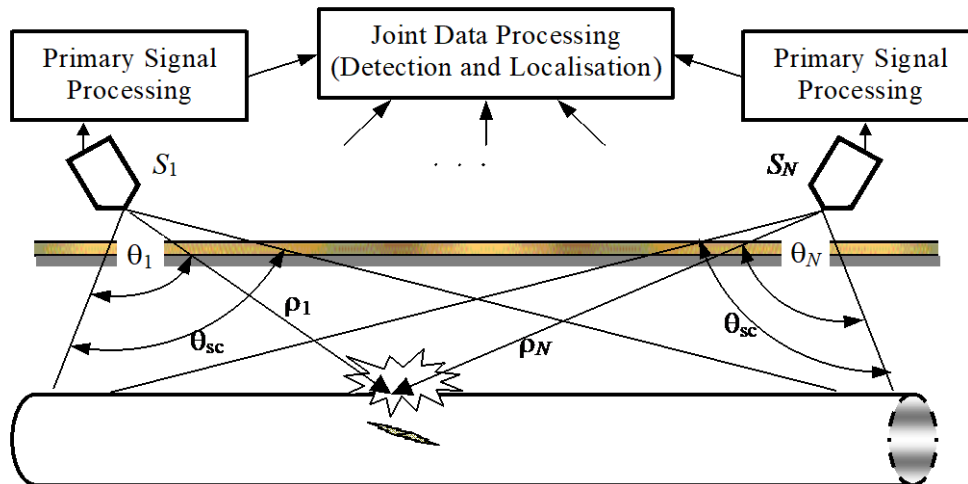


Fig. 1 Structure of computerized sensor detection and localization system. Sensors S_1, S_2, \dots, S_N scan in the sector θ_{sc} and/or shift in horizontal direction. θ_1 and θ_2 are the angles of a flaw, ρ_1 and ρ_2 – distances from sensors to flaw; θ_{sc} – scanning sector

It's necessary to get coordinates of source of acoustic noises after joint processing signals from N sensors.

Theoretically it's necessary to scan in spatial sector of 360 or, as minimum, 180 degrees for obtaining full image of source of acoustic signal. Such problem actually cannot be dissolved; so obtaining detail image is impossible. However such problem even doesn't

pose. We would have just coordinates of trough defect as source of leakage of gaseous or liquid matter. So we can collect and process incomplete and noisy data for localisation through defect. For example, we have signal source and limited set of sensors, which collect acoustic data (see fig. 2)

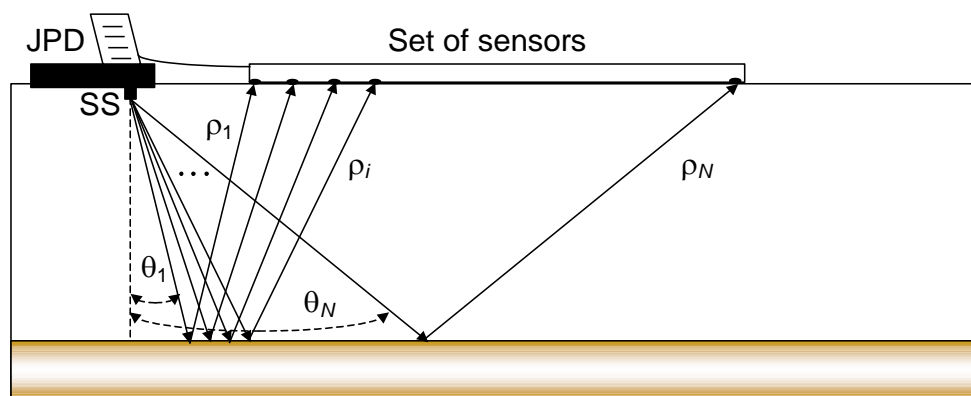


Fig. 2 Tomographic system for flaws detection and coordinates measurement, JPD is joint processing device; SS is signal source

We can see that any sensor in set of sensors receives possible signal from acoustic noise, which interacts with stimulating signal from point radiator. The range of aspect angles $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_i, \dots, \theta_N$ and distances $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i, \dots, \rho_N$ stipulates appropriate spatial frequencies of acoustic field components, which may be transformed to spatial coordinates with tomographic methods.

We will list below the main properties of application of tomographic methods in acoustic measurement systems.

The problem is being dissolved with permanently changed system configuration.

The number of formed tomographic projection is rather small. The angles between projections are not necessarily equal.

The problem of reconstructive computer tomography is statistical, and some times non-correct [3]. So it's necessary to synthesize tomographic processing algorithms under another initial prepositions than, for example, in X-ray tomography or magnet-resonance tomography.

Information pickup from different pieces of coverage zone is completed serially. So the image restores serially as well during collection of information in every element of coverage zone.

The main distinctive feature of information processing in acoustic tomography is the dependence of spatial frequency of spectral components of every projection from angle of search of this projection.

We may apply the next versions of getting of tomographic images:

- object rotation along its axis with fixed transmitter and receiving sensor (sensors);
- rotation of transmitter and receiving sensor (set of sensors) along the axis, which passes along centre of object;
- receiving some signals by sensors arranged around object.

Obviously, it's impossible to arrange in space the set of sensors sufficient for image acquisition of object and provide system synchronisation and control. Reconstructive computer tomography can be applied in acoustic detection and measurement systems just for enhancing efficiency (probability of detection, spatial resolution and measurement precision of coordinates of sources of acoustic signals). So the image reconstruction of spatial acoustic field is made by incomplete and noisy data.

The most informative data for determination of acoustic signals sources, particularly, flaws in pipelines under high pressure, are functions of partial coherence and spatial mutual correlation functions [4] of acoustic fields. These functions have essential distinctions for situations of presence and absence of flaws. These

functions have substantial distinctions for cases absences and presences of losses: in first case they do not have the expressed regions of the surges, and in the second such surges are observed. The function of coherent is, essentially, a mutual spectral density the received signals. With its help the width of spatial spectrum of signal is estimated, that allows doing the grounded choice of the band of analysis for the evaluation of function of mutual correlation. While reconstructing correlation function on their projections under various angles of signal receiving we get an image of noise source in 3-dimensional space.

The method of restoring (reconstruction) of multidimensional functions is the problem of integral geometry [5, 6]. Principal difference of considered problem is that source and sensor and object are not on the same line-of-site. Real measuring systems operate with the parts of surface $XOY, [x_{max}x_{min}x_{max}x_{min}]$, and with arrangement sensors in limited sector fan Radon transform with specific Laplacian of transformation is applied.

The purpose of this work is research of features of Radon transform with application to the task of detection sources of acoustic signals by the methods of computed tomography.

II. Problem Statement

Let's consider the spatially coherent acoustic field in the marine environment. Let us direct the z-axis of the rectangular coordinate system vertically (across the wave guide), the y-axis along the wave propagation, and the x-axis across this direction (see fig. 3). In the vertical plane yOz , the radiation from a point source arrives at the set of receiving points in the range of angles α , a.k.a. angle capture. This parameter characterizes the range of limits of receiving signals by sensors line, within which the field amplitude decreases with increasing distance from the point source inversely to the square of distance.

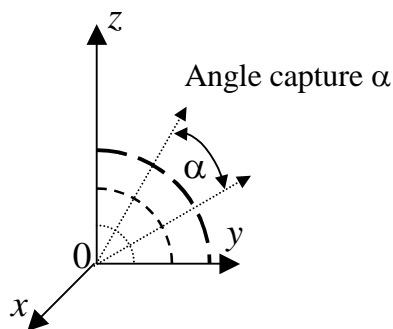


Fig. 3 Ray propagation in angle capture

We'll consider quantitative communication between function of partial coherence and mutual power spectrum. If radiated signal exists on the interval

$[-T, T]$, then its Fourier transform $S(T, \nu)$ satisfies to Helmholtz equation

$$\nabla^2 S(T, \nu) + k^2 S(T, \nu) = 0, \quad (1)$$

where ν is spatial frequency, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ is wave number, λ is wavelength. Then formal decision of (1)

with regards of N points of receiving of signal has form

$$S(r_i, T, v) = \sum_{i=1}^N k \cos(\theta_i) (r_i, v) S(P_i, T, v) \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

where θ_i is the angle between line of sight of i^{th} sensor and vertical axis of coordinate system.

Using (2) we can calculate mutual power spectrum $I(P_1, P_2, \dots, v)$, which actually represents function of multiple mutual coherence for the cases of presence and absence of flaws as sources of acoustic signals.

The problem of detection of acoustic signals, which appear due to outflows of liquid or fluid and are registered by sensor system, can be dissolved in the way of joint processing of acoustic noisy fields. If we receive some set of signals from sensors arranged around object in limited angular sector, Fourier transform changes on Radon transform [5, 6].

$$\hat{G}(f_{xk}, f_{yk}) = G(f_{xk}, f_{yk}) + G_n(f_{xk}, f_{yk}),$$

where

$$G_n(f_{xk}, f_{yk}) = [V(f_{xk}, f_{yk})V^*(f_{xk}, f_{yk})]^{\frac{1}{2}} + N_0^{\frac{1}{2}};$$

$V(f_{xk}, f_{yk})$ is the spatial spectrum of point and spatially distributed sources of interfering signals; N_0 – spectral density of the δ -correlated spatial noise (noise of the atmosphere, space, land, internal noise receivers, and others.).

Expanding the range of spatial frequencies in the spectrum is an advantage, since the thus reducing the influence of artefacts and decreases the overall level of the side lobes of the transfer function of the noise source. However, the information-processing algorithm becomes complicated due to continuous changes in the shape of two-dimensional spatial frequency spectrum. Almost unreal is an attempt to develop an algorithm of obtaining a tomographic image of the entire field of view of the extremely high requirements for search velocity, speed calculators and capacity data link capability. Therefore, it is advisable to develop a tomographic processing approach for an individual element of the spatial resolution for multi-site detector, coordinate measuring acoustic noise source.

III. Analysis of recent research and publications

The data permutation method proposed in [7] can be an effective method for approximating the DPR by the fast Fourier transform. However, for complex types of transformations, such as fan or spiral PR, the permutation method has overpolynomial complexity and, therefore, will require very large computational resources. In [7], some results are presented concerning the reconstruction of images from incomplete and noisy data. At the same time, the presented statistical models of signals and noise and their statistical inference and relationships are limited to considering the simplest case. In works [9, 10] regularization in the theory of tomographic processing of spatial fields is considered. However, the general problem of incorrectness of

When combined scanning sensors the problem of estimating the spectral and correlation characteristics of received noise signals is complicated: Instead of the discrete Fourier transform is necessary to apply Chart Fan discrete Radon transform [5, 6]. In this case the spatial spectrum of the field scattered by the noise source is a set of spatial frequencies, which are defined by the values of the corresponding angles (see. Fig. 1).

For the problem considered adequately reflect the real situation of the additive mixture model acoustic noise source images and extraneous noise sources [5, 6]:

inverse problems of mathematical physics, which includes the method of back projections based on convolution, is not considered in the article. The article [11] considers the method of image compression during sounding. However, the problem of information loss during compression has not been considered, a comparative analysis of various compression methods has not been carried out, and there are no estimates of the time spent on compression and restoration of images. Article [12] presents an iterative algorithm for image reconstruction using the microtomography technique. However, iterative algorithms are an order of magnitude slower than filtered back projection algorithms, and no methods have been proposed for eliminating or smoothing it.

IV. Research goals and objectives

The aim of the study is to develop a method of tomographic processing for a displaced segment of the spatial spectrum.

V. The Modified Tomographic Processing Method by Shifted Segment of Spatial Spectrum

As it was shown in previous section, the set of aspect angles is limited, and spatial spectrum is shifted. Tomographic data processing is possible in both frequency and spatial domains. When processing in the frequency domain, strictly speaking, the cross section of the spatial spectrum at an angle $\theta_k = \phi_k$ is a two-dimensional Fourier transform of the projection of the density of scattering angle ϕ_k or a one-dimensional Fourier transform in coordinates system $\{x_{\theta k}, y_{\theta k}\}$ along a coordinate $y_{\theta k}$ rotated relative to the Y -axis by the angle θ_k . However, if the real-scattered acoustic noise satisfies condition quasi-monochromatic approximation $\frac{\Delta f}{f_0} \ll 1$, where Δf is the width of the sound spectrum f_0 is average frequency of the noise signal we can approximately assume that the resultant received signal $G_k(x_k, y_k)$ from the direction θ_k is a function of the following form:

$$G_k(x_k, y_k) = \begin{cases} g_{\text{npm}}(x_k, y_k) & \text{if } (x_k^2 + y_k^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{2}{\lambda}; \\ 0 & \text{if } (x_k^2 + y_k^2)^{\frac{1}{2}} \neq \frac{2}{\lambda}, \end{cases} \quad (3)$$

where x_k, y_k are the projections of the spatial frequency spectrum at an angle θ_k to the axis f_x, f_y of

the space-frequency plane. Then the general expression for the spatial spectrum image at multi site receiving can be written as follows:

$$\begin{aligned} G_k(x_k, y_k) &= G(f_{xk}, f_{yk}) = \\ &= \sum_{k=1}^N g_k(x_k, y_k) \exp \left\{ -j \frac{4\pi}{\lambda \sec\left(\frac{\beta}{2}\right)} \left[y_k \cos\left(\frac{\phi_0 + \phi_k}{2}\right) - x_k \sin\left(\frac{\phi_0 + \phi_k}{2}\right) \right] \right\} = \\ &= \sum_{k=1}^N g_k(x_k, y_k) \exp \{ -j2\pi(f_{xk}x_k + f_{yk}y_k) \} \end{aligned}$$

where $\frac{f_{xk} = 2 \sin\left(\frac{\phi_0 + \phi_k}{2}\right)}{\left[\lambda \sec\left(\frac{\beta_k}{2}\right)\right]}$, $\frac{f_{yk} = -2 \cos\left(\frac{\phi_0 + \phi_k}{2}\right)}{\left[\lambda \sec\left(\frac{\beta_k}{2}\right)\right]}$ are components of the spatial frequency spectrum of acoustic noise, transformed with multi site receiving. Transformation coefficient $\sec^{-1}\left(\frac{\beta_k}{2}\right)$ depends on the angle between the directions of rays of first and k^{th} receivers.

Thus, in the multi-position system with narrow band in the normal (frequency) sense acoustic signals we obtain a set of tomographic projections source at several spatial frequencies, which are defined by the values of the corresponding angles β_k .

When processing in the frequency domain in

accordance with the expressions (3 - 4), we obtain a set of points in the polar raster, i.e. in coordinates θ_k . It is therefore logical to use the integral transformation in polar coordinates, i.e., Radon transform [2, 5]. It is known [13] that operation of calculus the intensities in polar coordinates are made by the method of back projection on the basis of the convolution. Each set of projections using this method can be processed independently of the others, which considerably simplifies the construction of the processing algorithm.

Let the spatial spectrum $V(f_{xk}, f_{yk})$ of the source of interfering signals corresponding to stationary random field with the autocorrelation function $R_V(\Delta x_k, \Delta y_k)$:

$$R_V(\Delta x_k, \Delta y_k) = \mathfrak{R}_2^{-1} \{ V(f_{xk}, f_{yk}) V^*(f_{xk}, f_{yk}) \}. \quad (5)$$

Here $V^*(f_{xk}, f_{yk}) = V(-f_{xk}, -f_{yk})$; $\mathfrak{R}_2^{-1}\{\cdot, \cdot\}$ is a symbol of the two-dimensional inverse Radon transform.

Then the expression (5) for the projection-off scattered in k^{th} signal direction based on the availability of noise and interference is written as

$$\begin{aligned} \hat{g}_i(x_k, y_k) &= \sum_{l=1}^L u_l k_{\sigma} \sqrt{2\sigma_l} \delta(x_0 - x_l, y_0 - y_l) \times \exp[-jk_{\Delta}(\beta_{il})(x_l \bar{x}_k + y_l \bar{y}_k)] + \\ &+ \sum_{m=1}^M V_m(x_k, y_k) \delta(x_0 - x_l, y_0 - y_l) + N_{0i}. \end{aligned} \quad (6)$$

The functions k_{σ} and k_{δ} are treated as a kernels of the transform (6) in the spatial coordinates.

Let's consider the sequence of processing steps according to the method of inverse projections [13, 14].

A one-dimensional Fourier transform of the spatial spectrum $G(f_x, f_y)$ on a spatial frequency (for example f_x) has the form

$$g(x_k, f_{yk}) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f_x, f_y) \exp(-j2\pi f_{xk} x_k) df_x. \quad (7)$$

Performing Fourier transform on the other function coordinate spatial frequency f_y , we get the image

$$g(x_k, y_k) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x_k, f_{yk}) \exp(-j2\pi f_{yk} y_k) df_y. \quad (8)$$

Let us come in (7 - 8) to polar coordinates in the field of spatial frequencies:

$$g(x_k, y_k) = \int_{-\pi}^{\pi} d\theta \int_{-\infty}^{\infty} G(\rho_k, \theta_k) |\rho| \exp[-j2\pi \rho \cos(\theta_k - \phi_k)] d\rho, \quad (9)$$

where $|\rho|$ is the factor of transition to polar coordinates (Jacobian transformation).

Actually, the transition to polar coordinates in the expression (9) is a transition from the Fourier transform to the Radon transform.

To replace the direct convolution by fast convolution [15], we introduce the following notation:

$$\int_{-\infty}^{\infty} G(\rho_k, \theta_k) |\rho| \exp[-j2\pi\rho r \cos(\theta_k - \phi_k)] d\rho = \mathfrak{R}[G(\rho_k, \theta_k) |\rho|].$$

$\mathfrak{R}[\cdot]$ is a symbol of Radon transform.

Because of the uneven arrangement of samples in the plane type algorithms (9) can not be directly implemented, for example, using a fast Fourier transform processor (FFT). The inner integral of

expression (9) should be submitted as an integral Fourier-Stieltjes. Then the expression (8) for all of the radiating section takes the following form:

$$g(x_k, y_k) = \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} d\theta \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} G(\rho, \theta) |\rho| \exp[-j2\pi\rho r_k \cos(\theta_k - \phi_k)] dP(\rho) + \int_{\theta_{\min}}^{\theta_{\max}} d\theta \int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}} G(\rho_n, \theta) |\rho_n| \exp[-j2\pi\rho_n r_k \cos(\theta_k - \phi_k)] dP(\rho_n), \tag{10}$$

and $P(\rho) = \{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_N\}$ are discrete samples of the function $|\rho|$ that in the method of inverse projection based on convolution kernel are treated as kernel of conversion (9) in the area of spatial frequencies [5]; $\rho_n = \frac{2}{\lambda_n \lambda_{n\min} \lambda_{n\max}}$.

However receiver in k^{th} position with a bandwidth $\Delta f = f \frac{c}{\lambda_{\min} \lambda_{\max}}$ in the expression (10) the limits of integration in the second term $\rho_{n\max} \rho_{n\min}$ can be replaced by $\rho_{\text{pr}\rho_{\text{max}}} \rho_{\text{pr}\rho_{\text{min}}}$, respectively:

$$\rho \frac{2}{\lambda \frac{2f_{\min}}{c} \max'} \rho \frac{2}{\lambda \frac{2f_{\max}}{c} \min_{\text{pr}\rho_{\text{max}}} \text{pr}\rho_{\text{min}}}$$

Figure placing samples of the spatial spectrum of the useful signals (acoustic noise) and noise (noise of

the receiver and the interfering source) is shown in Fig. 4.

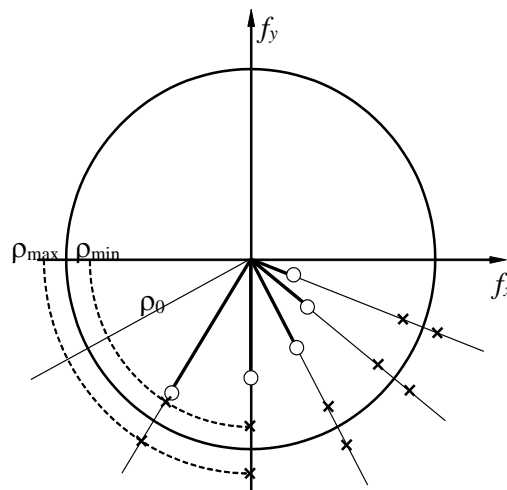


Fig. 4 Diagram of placement of samples the spatial spectrum

On this spatial spectrum accurately restore function using the transformation (5 - 6), since the problem becomes non-correct [3,14]. Incorrectness due to the presence of the second term on the right side of the expression (10). The weighting function or window function enhances the effect of the Radon transform in

the high-frequency noise and interference, which in themselves are broadband. This leads to the loss of stability of the solution due to small variations of initial data. To build sustainable solutions to the equation (10) must be modified (regularize) window function:

$$k_c(\rho) = |\rho| k_p(\rho, \alpha), \tag{11}$$

where α is regularisation parameter, typically selected based on the source data assignment errors [2].

In this problem, α is chosen on energy and spectral characteristics of the noise considerations [14].

Essentially, regularisators in computer tomography tasks are smoothing weight function of two-dimensional ρ -filter.

Formally defined weighing function $|\rho|$ in finite region has high level of side lobes of transform,

$$\rho_w(x) = \left| \frac{d}{dx} [a \cdot \exp(-bx^2)] \right| = ab \cdot |2x \cdot \exp(-bx^2)|, \quad (12)$$

where a, b are constants of normalisation. Choosing the values of constants a, b , you can optimise the ratio of the width of the space-frequency spectrum

especially for fan Radon transform. So we propose to smooth sharp edges of weighting function. It was established after comparative analysis of large number of various weighting functions that the most closed to optimal weighting function by the minimum of side lobes and acceptable dilatation of main lobes is the module of first derivative of Gaussian function [2]:

and the level of the side lobes. Fig. 5 shows the graph of chosen weighting function.

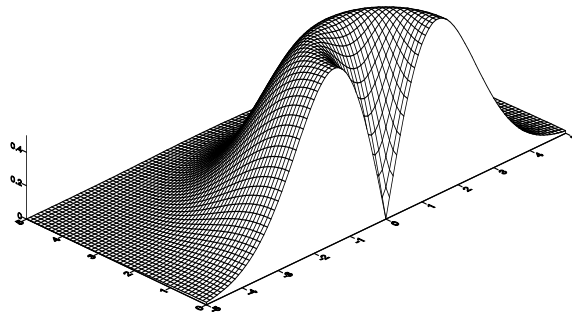


Fig. 5. Enhanced weighting function

The section of image of point source of signal, which was calculated by application of discrete Radon

transform with weighting function (3), is shown on Fig. 6.

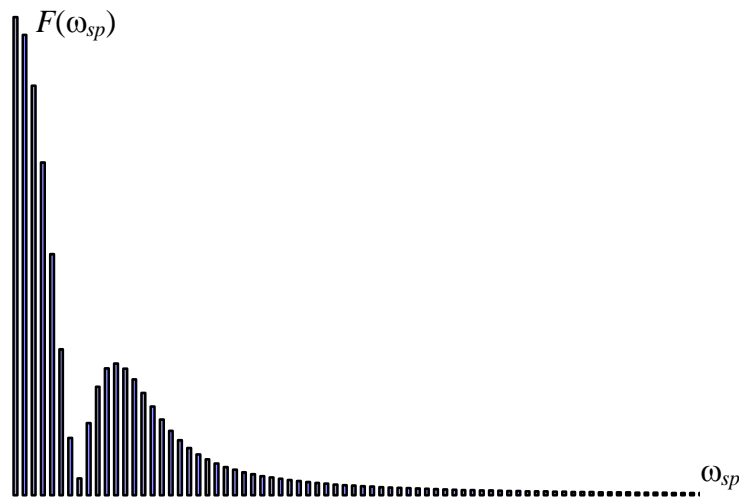


Fig. 6. Section of image of point object

As it's known, the Fourier transform of Gaussian function gives the spectral characteristic without side lobes. The derivative of Gaussian function represents linear conversion, so its Fourier transform must have side lobes as well. Strictly speaking, the module of derivative of Gaussian function is non-linear conversion, which has the first order gap in zero. So we can see one side lobe in the section of image, which actually is Radon transform of point object. However, the level of this lobe is rather small, smoothly and quickly falling, and due to small level and monotonous decreasing of side lobes the risk of appearance of false

images (artefacts) resulting from random character of acoustic signal, is minimal.

Now we'll represent the results of synthesis of detector-meter grounding obtained data.

VI. Synthesis detector-meter based on a modified Radon transform

Since the function is processed in a limited receiver bandwidth, it is a function of bounded variation [14]. Therefore, the function $\hat{g}(r, \phi)$ as a linear transformation $\hat{G}(\rho, \theta)$ is a function of bounded variation. If to apply such a function a regularisation with the exact values of the initial data ($G_n(\rho, \theta) = 0$),

the regularised solution uniformly over (x, y) or what is the same, according to (r, ϕ) converges to the exact solution at $\alpha \rightarrow 0$. Therefore, in the future we will hold only a quantitative comparative analysis of errors due to regularization and the presence of interference.

Weighting windows are rotationally symmetric. The axis of symmetry coincides with the vertical axis of the system of spatial frequency coordinates. Weigh data only on the coordinate r . However, the processing of data in the segment, the limited range of angles (θ_{max_min}), it is necessary to apply weighting to the coordinate θ as well.

When choosing a method of weighing the coordinate q is necessary to consider the following factors.

1. The data sets are very sparse.
2. The sequences of samples at θ are not equidistant.
3. Interfering signals (e.g., point sources of interference) may have very specific spatial characteristics (e.g., with an alternating spatial

$$\hat{g}(n_r, \phi_k) = \sum_{m_\theta=-M}^M g_{\theta mp}(n_r, \phi_k) \exp \left[-j \frac{2\pi m_\theta n_r}{kN} \cos(\theta_m - \phi_k) \right].$$

The directions $\theta_m = \phi_k$ the weights determined a priori space-correlation characteristics of acoustic noise. As in pipes under pressure [2] as such characteristics may be used some average statistics on the results of experimental studies of acoustic noise arising from the rupture (fistula).

In all other directions the weights should be chosen by the criterion of maximum entropy with restrictions such as "correlation matching" [14]. If the sample in the direction of $\theta_k = \phi_k$ the autocorrelation

$$|g_{\theta mp}(n_r, \phi_k)|^2 = \begin{cases} \sum_{k=-N}^N V_k(\phi_k) \exp \left(-j2\pi \frac{kn_r}{N} \right) + \sum_{\substack{m=-M \\ m \neq k}}^M V_m(\theta_m) \exp \left(-j2\pi \frac{mn_r}{N} \right) & M = kN. \\ 0, & m > M, \quad m < -M; \end{cases} \quad (15)$$

Since the internal noise in the receiver spatial processing task are interpreted as spatial δ -correlated noise, and in the periodogram $g(n_r, \phi_k) = \{g_{\theta 1p}, g_{\theta 2p}, \dots, g_{\theta np}\}$, $n_r = const$, the samples in the directions $\theta_m \neq \phi_k$ should be δ -correlated random

$$\hat{g}(n_r, \phi_k) = \sum_{k=-N}^N g_{\theta mp}(n_r, \phi_k) \exp \left[-j2\pi \frac{m_\theta n_r}{kN} \cos(\theta_m - \phi_k) \right] U(m_\theta) \exp[-j2\pi\Phi(m)], \quad (16)$$

where

$$U(m_\theta) = \begin{cases} [V_k(\phi_k)]^{\frac{1}{2}}, & \theta_m = \phi_k; \\ [V_m(\theta_m)]^{\frac{1}{2}}, & \theta_m \neq \phi_k; \end{cases} \quad (17)$$

$\xi_m = [V_m(\theta_m)]^{\frac{1}{2}}$ – Rayleigh random numbers from the distribution parameters define the characteristics of the internal noise of the sensor, which is calculated for the evaluation; $\Phi(m)$ – uniformly distributed in the range of $\{-\pi, \pi\}$ random numbers. Both ξ_m and the $\Phi(m)$ numbers are independent.

If the inputs of the detecting-sensor measurement system, in addition to acoustic noise received noise

correlation coefficients).

When using a uniform weighting ($k(\theta) = 1$ if θ_{max_min} , $k(\theta) = 0$ in other θ) achieved the highest resolution, but we have the Gibbs ripple. Their presence leads to additional artefacts in the reconstructed image. When using the weighted windows with recession towards the edges (Hamming, von Hann, Kaiser et al.) Is deteriorating resolution of the system, but the main disadvantage of all of these windows is their monotonic dependence on the coordinates q . Because of this spatially correlated noise interfering sources not aligned with the source of interest will produce artefacts, which can mask the wanted signals. To cancel such interference in the conditions of incomplete and non-equidistant sequences can be effectively used for evaluation of the spectrum maximum entropy method [15,16].

We write the expression for evaluating the image source of acoustic noise in the dense grid of spatial frequency coordinates θ_k (without weighting by θ):

coefficients is assumed to be known and equal to $V_k(\phi_k)$ the samples in another directions the autocorrelation coefficients $V_m(\theta_m)$ are determined by a priori characteristics of the internal noise of each of the N sensors. Let the spectral density of the noise k^{th} sensor is equal to N_k . Then the power spectral density $|g_{\theta mp}(n_r, \phi_k)|^2$ of the sequence can be expressed in terms of certain factors like

process. Under this condition, the resulting sequence (i.e., the sequence in which the signal samples are included with the autocorrelation coefficients $V_k(\phi_k)$) will be a maximum entropy sequence.

Thus, the expression for evaluating the image (10) weighted by θ takes the following form:

signals with the same sign or an alternating spatial correlation coefficients, they respectively form (on the observation interval) on an alternating or monotonic sequence q . In both cases, sequences are spatially correlated. When multiplying this sequence to form a sequence of weighting coefficients (17) the resulting values are pseudo-random, and spatial correlation of interference signals is destroyed. There is a bleaching

effect is spatially correlated noise, so, obviously, decreases the influence of artefacts caused by the regularity of the sequence structure of the interfering signals.

In accordance with the terms of spatial coordinates transform (9) $\theta_m = \theta_{nm} - \theta_{\text{дат}}$, wherein $\theta_{\text{дат}}$ – the angular direction of the receiving sensor.

We write the final realisation of the algorithm tomographic processing system receiving sensor method regularized back projection on the basis of the weighted convolution.

1. Sub algorithm of processing in i^{th} sensor.

$$\hat{g}_i(r_k, \theta_k) = \mathfrak{R}_\rho^{-1}\{\hat{G}_i(r_k, \theta_k)\}. \quad (18)$$

2. Sub algorithm of joint data processing of all sensors of system

a) Multiplication of the estimates (18) by the weighting functions $U_i(\theta_k)$ described by expression (17):

$$\hat{g}_w(r_k, \theta_k) = g_i(r_k, \theta_k)U_i(\theta_k).$$

b) The calculation of the integral evaluation pseudo image analysed area as a set of inverse Radon transform for estimates $\hat{g}_w(r_k, \theta_k)$ for all discrete values θ_k for different values r_k : $g(r_k, \phi_k) = \mathfrak{R}_\theta^{-1}\{\hat{g}_w(r_k, \theta_k)\}$.

a) Sample preparation (projection) $g_i(x_k, y_k)$ in a coordinate system related to i^{th} sensor:

$$r_k = (x_k^2 + y_k^2)^{\frac{1}{2}}; \quad \phi_k = \arctg\left(\frac{y_k}{x_k}\right).$$

b) The calculation of the cross section of the spatial spectrum at an angle as the Radon transform projection angle ϕ_k : $G_i(\rho_k, \theta_k) = \mathfrak{R}_r\{g_i(r_k, \phi_k)\}$.

c) Multiplication of the calculated images to weighting function:

d) Calculation of the evaluation pseudo image of irradiated area in i^{th} sensor as an inverse Radon-Stieltjes transform of estimation of section of the spatial spectrum $\hat{G}_k(\rho_k, \theta_k) = G_i(\rho_k, \theta_k)U(\rho_k)$:

c) A reverse conversion of coordinates is recalculated if necessary: $x_k = r_k \cos \phi_k$; $y_k = r_k \sin \phi_k$.

Scheme of joint signal processing apparatus in the system of acoustic noise detection sensors is shown in Fig. 5.

Thus, each sensor performs two (forward and inverse) Radon transforms. The device of joint processing of signals from N sensors performs inverse Radon transform. When sampling of these transformations arguments $r_k, \phi_k, \rho_k, \theta_k$ are replaced by arguments $n_r, n_\phi, m_\rho, m_\theta$.

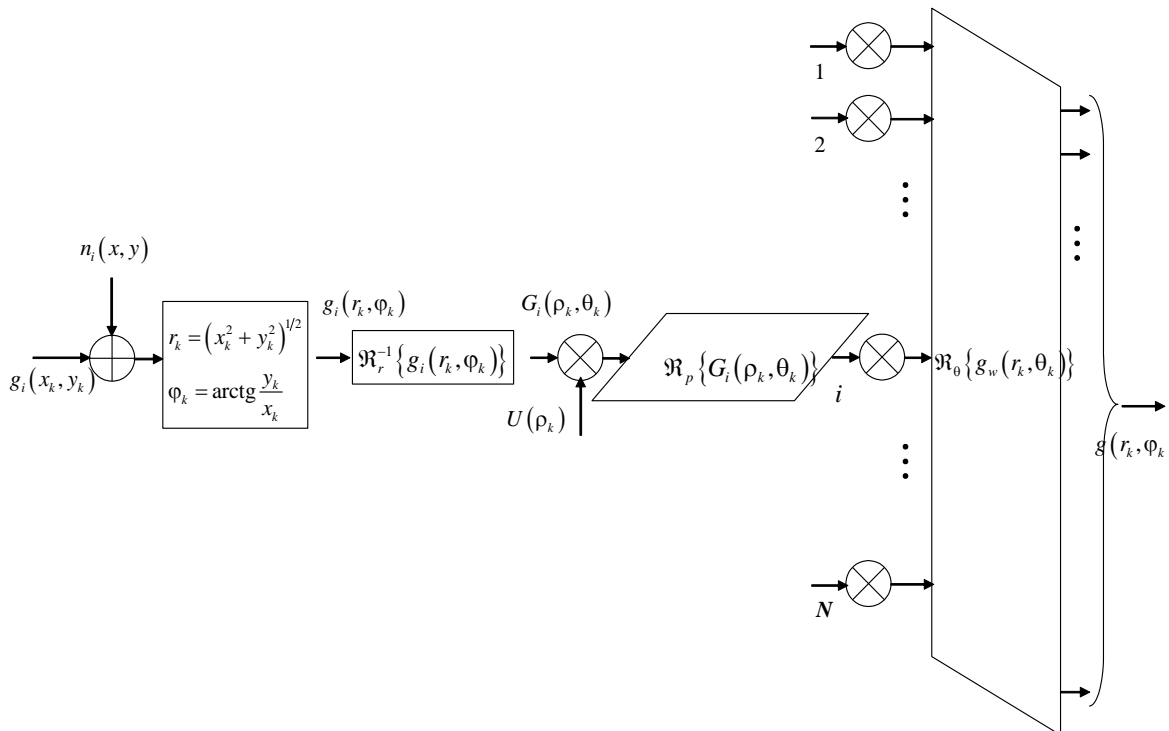


Fig. 5 Structure of joint signal processing device in the system of acoustic noise detection sensors

VII. Conclusions

1. The principal advantage of image reconstruction by projection for small size or point objects is that a high degree of spatial resolution can be obtained using random acoustic signal (actually, acoustic noise) without necessity coherent processing.

2. The use of tomographic methods of processing of acoustic noise signals a radical means to improve the accuracy and resolution of the spatial coordinates of the system. The feasibility of the method and the limits of resolution of the tomographic detection systems rocker-coordinate measuring acoustic noise sources are limited

only by the accuracy of synchronization systems, navigation binding capacity data lines and fast processing system calculators.

3. To develop practically realisable tomographic processing algorithms used to analyse spatial and temporal spectra (spectra of spatial frequencies) of acoustic noise in a system consisting of several receivers. Given the nature of the spectrum, it is necessary to modify accordingly the traditional algorithms for computer tomography.

4. We are planning to consider the system appearance and configuration (number of receivers of sensors and the number of options for the placement co-processing devices, requirements to speed system) in future research. Here we note only that at the present level of development of universal and specialised calculators (e.g., processors, of fast spectral transforms, programmable logic integrated circuits and programmable logic arrays) it's rather easy to implement algorithms of the method of multi site computer tomography back projection based on convolution.

References

1. Gabor T Herman. *Image Reconstruction from Projections: Fundamentals of Computerized Tomography*. – New York: Academic Press, 2010. – 297 pp.
2. Ponomarenko O., Bulakovska A. Specifics of Application Fan Radon Transform for Searching Gas Escapes Through Pipelines' Holes // *Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application*. – Proc. Of the 6th International Conf. ACSN-2013, Lviv, Ukraine, Sept. 16 – 18, 2013. – pp. 165 – 166.
3. Tikhonov A.N. *Mathematic Problems of Computer Tomography*. / Tikhonov A.N., Arsenin V.J, Timonov A.A. – Moscow.: Science, 1987. – 160 pp.
4. Beran M.J. *Theory of partial coherence* / M.J. Beran, G.B. Parrent. – Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1964. – 193 pp.
5. Helgason S. *Integral Geometry and Radon Transforms*. – Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2010. – 316 pp.
6. Zverev V. A. Coherence of acoustic waves in the ocean // V.A. Zverev, V.A. Lazarev, V.N. Fokin, G.A. Sharonov – *Acoustical Physics*. 1993. vol. 39. issue. 5. - pp. 834 - 840.
7. Guiguang Ding, Yuchen Guo, Kai Chen, Chaoqun Chu, Jungong Han, Qionghai Dai. *Deep Confidence Network for Robust Image Classification* *IEEE Trans. Image Proc.* 2019. Vol. 28, Issue 8. – pp.3752 – 3765.
8. Grootboom L. L., & Wilkinson A. J. Fine resolution (1.35 cm) ultra wideband radar tomographic imaging using an 8.5 GHz vector network analyzer and a rotating pedestal. 2015 *IEEE Radar Conference*. 2015. pp. 15 – 22.
9. Zhang H, Wang J, Zeng D, Tao X, Ma J. Regularization strategies in statistical image reconstruction of low-dose x-ray CT: A review. *Med Phys*. 2018 pp. 886 – 907. doi: 10.1002/mp.13123.
10. Shinohara H, Hashimoto T. Implementation of Statistically-Based Image Reconstruction Algorithms for CT and Numerical Evaluation of Image Quality. *Japanese Journal of Medical Physics*. 2018. Vol. 38 No. 2: pp. 48 – 57. doi: 10.11323/jjimp.38.2_48.
11. Graff C. G. and Sidky E. Y. Compressive sensing in medical imaging. *Appl. Optics*. 2015. 54.8. pp. 23–44. doi: 10.1364/AO.54.000C23
12. Lin Qingyang, Matthew Andrew, William Thompson, Martin J.Blunt, BrankoBijeljic. Optimization of image quality and acquisition time for lab-based X-ray microtomography using an iterative reconstruction algorithm *Advances in Water Resources*. 2018. Vol. 115, pp. 112–124. doi:/10.1016/j.advwatres.2018.03.007
13. Bates R. H. T. *Image Restoration and Reconstruction*. / R. H. T. Bates, M. J. McDonnell – Oxford University Press, 1989. – 304 pp.
14. Vinogradov N.A. Applying the principles of reconstructive computerized tomography in multi-site radars and synthesis algorithms of digital information processing // *Abstracts VI All-Union Conference "Holography-90."* - 18 - 20 September 1990 - Vitebsk. - pp. 23 - 26.
15. Vinogradov, N.A. *Manual on devices of digital information processing* / N.A. Vinogradov, V.N. Yakovlev, V.V. Voskresensky, etc .: Ed. V.N. Yakovlev. - K.: Technology publishers, 1988. - 415 pp.
16. Marple L.S. *Digital Spectral Analysis: With Applications* (Prentice-Hall Series in Signal Processing) Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, 1987. – 492 PP.

I.E. Semenov
doctor tech. Sci., Professor of the Department of Equipment and Rolling Technologies,
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman
D.V. Savchuk
Master's student of the department "Equipment and rolling technologies"
Moscow State Technical University named after N.E. Bauman

INCREASING THE RIGIDITY OF AN ELASTIC WORKING TOOL FOR PROCESSING THIN SHEET METAL BY CREATING COMPOSITE MATERIAL BASED ON POLYURETHANE ELASTOMERS AND SYNTHETIC ARAMIDE FABRICS

Семенов И.Е.
доктор тех. наук, профессор кафедры «Оборудование и технологии прокатки»
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
Савчук Д.В.
магистрант кафедры «Оборудование и технологии прокатки»
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

ПОВЫШЕНИЕ ЖЁСКОСТИ ЭЛАСТИЧНОГО РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА ПУТЁМ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ И СИНТЕТИЧЕСКИХ АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ

Summary. Theoretical and practical aspects of reinforcement of elastic working tool

Аннотация. В статье представлены результаты как экспериментальных, так и теоретических исследований по созданию нового композиционного рабочего инструмента для обработки давлением тонколистовых металлов. Композитный рабочий инструмент изготовлен на основе полиуретана SKU-7L с армированием одним слоем арамидной ткани типа кевлара.

Key words: polyurethane, kevlar, aramid fabrics, elastic working tool

Ключевые слова: полиуретан, арамидные ткани, эластичный рабочий инструмент

Введение

В авиакосмической и энергетических областях широкое применение находят различные изделия из тонколистового металла, такие как элементы деталей самолетов и различных типов плоских теплообменников. Аналитический обзор показал, что в производстве освоено изготовление деталей из листовых заготовок штамповкой с рабочим инструментом из полиуретановых эластомеров [1, 3,4,5]. Метод является экономически особо эффективным при единичном и мелкосерийном производстве, но в некоторых случаях применяется и для серийного производства, например при производстве пластин плоских теплообменников до 50 тысяч штук. Вместе с тем, на производстве не всегда имеется мощное прессовое оборудование для внедрения штамповки деталей полиуретаном. В этих случаях наиболее выгодным становятся ротационные способы формообразования, характеризующиеся более низкой энергоёмкостью и высокой производительностью. Недостатком данного способа является ограниченность технологических возможностей эластичного рабочего инструмента, связанная, прежде всего с низкими показателями условного модуля упругости современных полиуретановых эластомеров. Максимальная толщина обрабатываемых материалов: для стали - 0,5 мм, для достаточно мягких цветных металлов и сплавов

– 0,8-1 мм. [6-10]. В настоящее время одним из перспективных способов получения необходимых свойств материалов является разработка и создание композиционных конструкций. Одним из существующих способов повышения жесткости эластомеров является его армирование высокопрочными тканями.

Одной из важных задач было выбор математической модели гиперупругих материалов. **Гиперупругий материал** – тип модели идеально упругого материала, для которого зависимость напряжений от деформаций вычисляется на основе функции энергии деформации. Гиперупругий материал является частным случаем упругого материала Коши. Поведение гиперупругого материала может быть описано с помощью одной из распространенных математических моделей – неогуковская, Муни-Ривлина, Огдена, Блатца-Ко, Арруда-Бойса. Нами была выбрана двухпараметрическая модель Муни – Ривлина которая широко используется для деформаций до 50 % . [1,2].

Определение констант Муни-Ривлина

Константы Муни-Ривлина для гиперупругого состояния определялись путем минимизации среднеквадратичного отклонения между диаграммой напряжения-деформации, полученной экспериментально и определенной по уравнению [1-3]:

$$\sigma_{11} = 2(\lambda_1^2 - \lambda_1^{-1}) \left[\frac{\partial W}{\partial I_1} + \lambda_1^{-1} \frac{\partial W}{\partial I_2} \right], \quad (69)$$

где σ_{11} – напряжение при деформации (удельная сила на поверхности), МПа;

λ_1 – степень деформации;

W – плотность энергии деформации;

I_1, I_2 – первый и второй инварианты тензора деформаций.

Итоговые выражения для определения констант представлены на слайде,

Где λ_i – главная степень деформации в i -ом направлении.

Из графиков, полученных в результате экспериментальных исследований, определялись численные значения степеней деформации в соответствующих точках (λ_i) и напряжения, как отношения сил осадки к фактической площади поверхности контакта рабочего инструмента с образцом.

Для расчета значений коэффициентов Муни-Ривлина по полученным экспериментальным данным, а также для автоматизации процесса и возможности быстро получать результаты по большому количеству точек, была написана программа на языке программирования Python.

В результате вычислений в программе были получены следующие коэффициенты Муни-Ривлина:

Для полиуретана СКУ-7Л: $C_{10} = 2,42, C_{01} = 0,81$

Для композиционного материала из полиуретана СКУ-7Л, армированного тканью 8601-90 фабрики «Передовая текстильщица»: $C_{10} = 11,48, C_{01} = 3,86$.

Наличие точных данных испытаний материала является критически необходимым при математическом моделировании изделий эластомеров. Для описания механических характеристик должны быть получены экспериментальные зависимости напряжений от деформаций разработанных новых материалов.

Для определения зависимостей напряжений от деформаций были проведены исследования образцов при нагружении по схемам чистого сдвига (плоская деформация) и объемная деформация квадратного в плане образца (рисунок 2).

Для создания образцов был разработан композиционный материал, указанный на Рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура композиционного материала
1 – матрица, 2 –кевлар, 3 –связующее (циакрин)

В качестве основы разработанного композиционного материала использовался лист толщиной 10 и 15 мм из полиуретана СКУ-7Л. Армирование проводилось арамидными тканями. При разработке материала использовались арамидная ткань 8601-90 (кевлар) российского производства фабрики «Передовая текстильщица». Поверхностная плотность ткани 190 г/м^2 , разрывная нагрузка: основа – 3430 Н, уток – 2940 Н, удлинение при разрыве: основа – 10%, уток – 5%

Методика и результаты исследования образцов по схеме двухосного сжатия

На этапе экспериментальных исследований для определения коэффициентов Муни-Ривлина проводилась осадка призматические образцы по схеме двухосного сжатия.

Объектом исследования явились следующие образцы:

Призматические образцы 10 мм x 10 мм x 100(70) мм, представляющие собой склеенные полиуретановые заготовки 5 мм x 10 мм x 100 (70) мм

Использовался полиуретан марки СКУ-7Л.

Призматические образцы 10 мм x 10 мм x 100(70) мм, представляющие собой композиционную конструкцию: матрицей является полиуретан SKU-7Л, армирующими элементами – арамидная ткань компании Передовая текстильщица, связующее – цианоакрилат.

Нагружение образцов проводилось на испытательной машине INSTRON модели 600DX-F1-G1

Для обеспечения возможности нагружения образцов по схеме чистого сдвига (плоская деформация), на первом этапе исследований, испытания проводились в специальной матрице – неразборном контейнере, представленном на Рисунке 2, так же на нём представлена двухосное неравномерное сжатие.

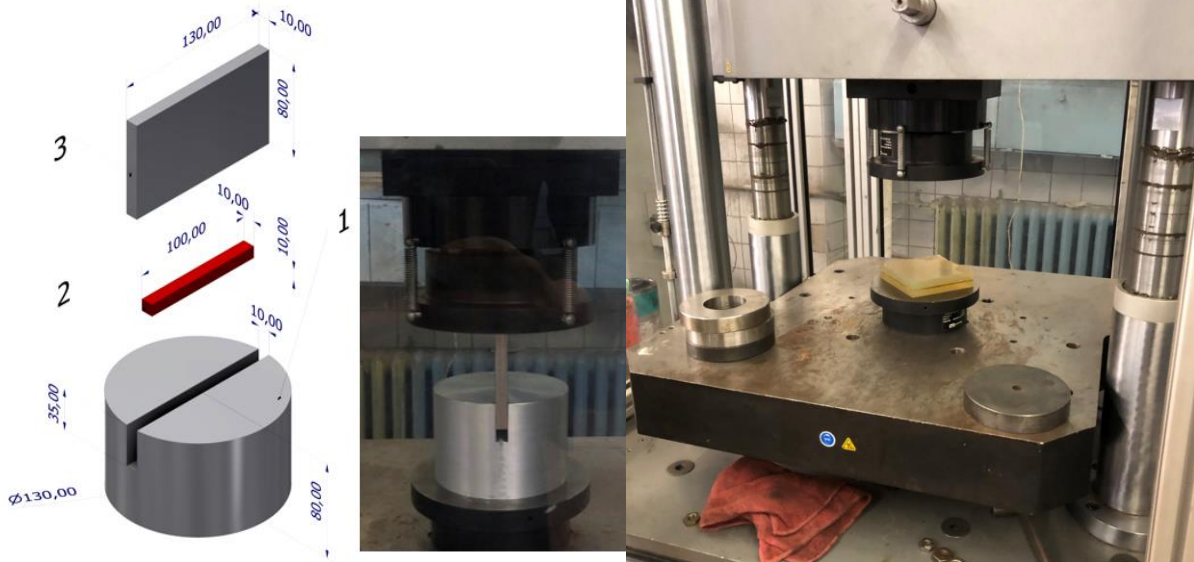
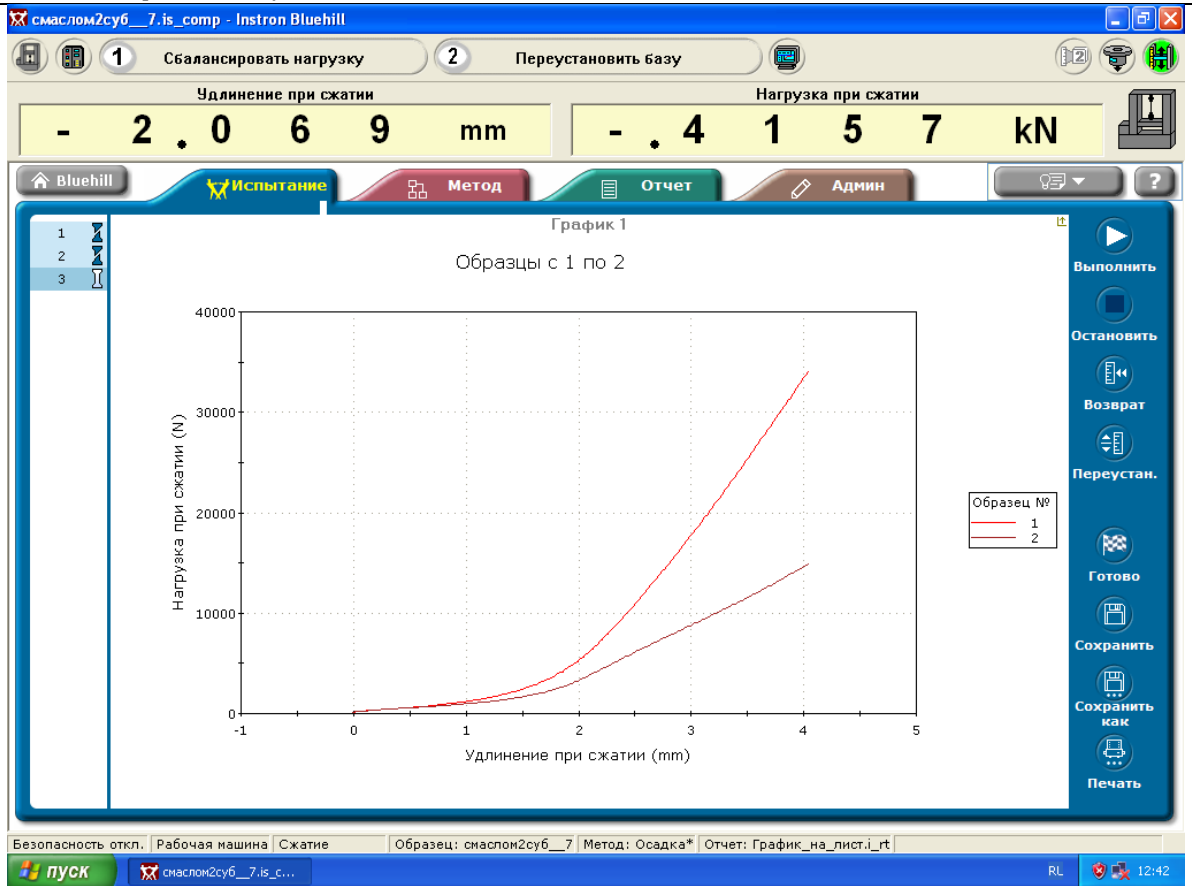


Рисунок 2 – Осадка образца в контейнере и без

Диаметр контейнера равен 130 мм и подбирался с учетом длины и степени деформации образцов.

Результаты для двухосного сжатия диаграмма 1.



Константы Муни-Ривлина для гиперупругого материала определялись путем минимизации среднеквадратичного отклонения между диаграммой напряжения-деформации, полученной экспериментально и определенной по уравнению [1-3]:

$$\sigma_{11} = 2(\lambda_1^2 - \lambda_1^{-1}) \left[\frac{\partial W}{\partial I_1} + \lambda_1^{-1} \frac{\partial W}{\partial I_2} \right], \quad (1)$$

Где σ_{11} – напряжение при деформации, МПа;
 λ_1 – степень деформации;
 W – плотность энергии деформации;
 I_1, I_2 – первый и второй инварианты тензора деформаций.

Двухпараметрическое уравнение связи между напряжением и деформацией для изотропного несжимаемого материала при средних и малых степенях деформации $1,5 \dots 2 < \epsilon < 3,5 \dots 4$ определяют как [1,2,5]:

$$p = 2(\lambda - 1/\lambda^3)(C_1 + C_2) \quad (2)$$

где p – «условное» равновесное напряжение.

Значение истинного напряжения определяется из условий несжимаемости:

$$\sigma = 2 \times \left(\lambda^2 - \frac{1}{\lambda^2} \right) \times (C_1 - C_2) \quad (3)$$

$$C_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sigma_i}{2 \times \left(\lambda_i - \frac{1}{\lambda_i^2} \right)} - \frac{C_2}{\lambda_i} \right) \quad (4)$$

$$C_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\lambda_i}{2 \times \left(\lambda_i - \frac{1}{\lambda_i^2} \right)} \times \sigma_i - \frac{\lambda_i}{n} \sum_{j=1}^m \frac{\sigma_j}{2 \times \left(\lambda_i - \frac{1}{\lambda_i^2} \right)} \right)}{1 + \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \right) \times \frac{1}{n} \times \left(\sum_{j=1}^m \lambda_j \right)} \quad (5)$$

Выражения (4), (5) позволяют определить искомые значения параметров C_1 и C_2 , однако при большом количестве точек измерения, целесообразно создать программу для ЭВМ

которая выполнит все математические преобразования по заданному алгоритму [8-11]. Были произведены расчеты по определению коэффициентов Муни-Ривлина в программном

комплексе MathCad. По результатам эксперимента определены константы Муни-Ривлина. По формулам (4), (5), были получены следующие результаты для SKU-6Л:

$$C_1 = 1,45 \text{ МПа}$$

$$C_2 = 0,62 \text{ МПа}$$

Из графиков, полученных в результате экспериментальных исследований, определялись численные значения степеней деформации в соответствующих точках (λ_i) и напряжения, как отношения сил осадки к фактической площади поверхности контакта рабочего инструмента с образцом.

Проведение экспериментальных исследований

В результате вычислений в программе были получены следующие коэффициенты Муни-Ривлина:

Для полиуретана SKU-7Л: $C_{10} = 2,3$, $C_{01} = 0,89$

Для композиционного материала из полиуретана SKU-7Л, армированного тканью 8601-90 фабрики «Передовая текстильщица»: $C_{10} = 12,88$, $C_{01} = 4,86$.

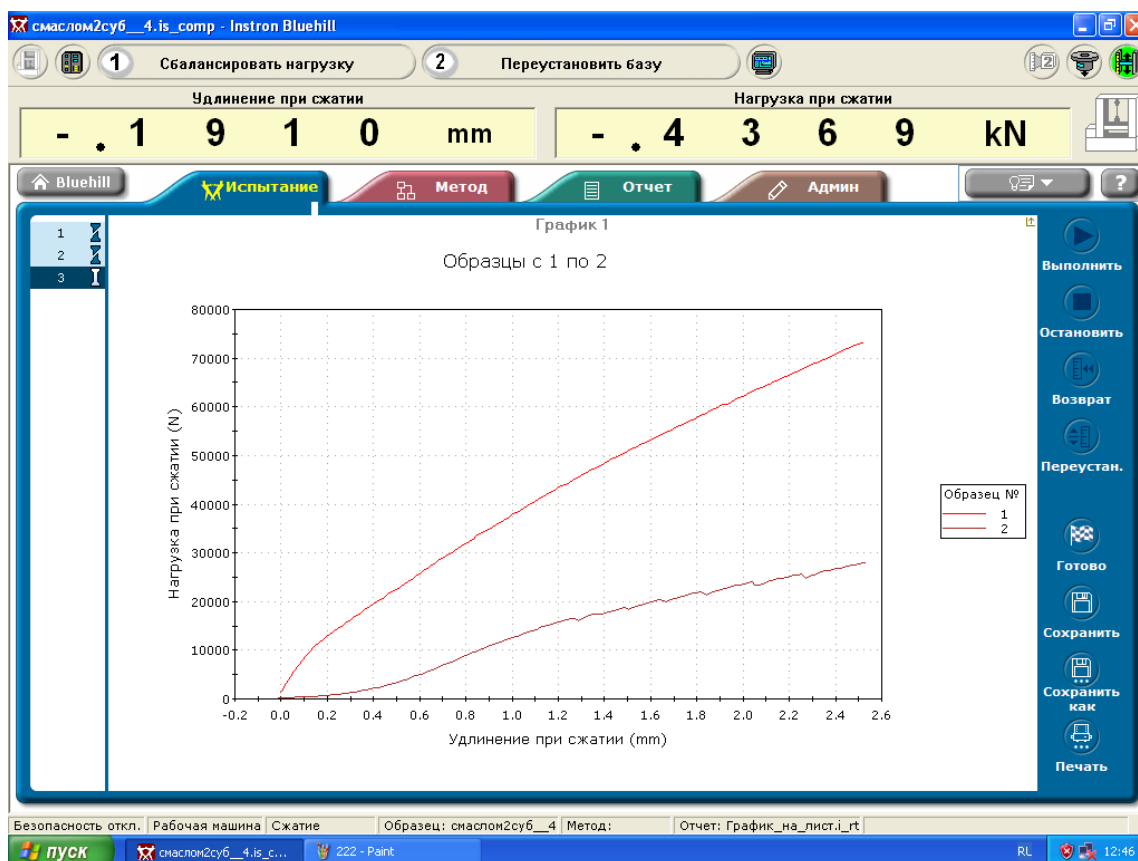
Для определения зависимостей напряжений от деформаций были проведены исследования образцов при нагружениях по схеме двухосного неравномерного сжатия.

Объектом исследования явились следующие образцы:

1) Образцы 100x100 мм, высотой 20 мм. Использовался полиуретан марки SKU-7Л.

2) Образцы 100x100 мм, высотой 20 мм, представляющие собой композиционную конструкцию: матрицей является полиуретан SKU-7Л, армирующими элементами - арамидная ткань, связующее – цианоакрилат.

Результаты для одноосного сжатия диаграмма 2.



Зависимости напряжений от деформаций

Как видно из диаграмм 1-2, армирование увеличивает силу деформирования почти в 2,4 раза.

Математическое моделирование процесса деформирования листовой заготовки

На первом этапе проводилось моделирование деформирования листа во впадине матрицы рабочим инструментом, выполненным из полиуретана SKU – 7Л, на втором – из композиционного инструмента, армированного тканью 8601-90 фабрики «Передовая текстильщица».

Расчет проводился в программном комплексе Ansys.

Процесс деформирования листа во впадине матрицы (степень деформации оболочки 30%) проводилось по схеме, представленной на Рисунке10.

Рабочий инструмент – цилиндрический вал диаметром 100 мм: плотность 3000 кг/м³, коэффициент Пуассона 0.49, эластичная оболочка - внешний диаметр 140 мм, коэффициенты Муни-Ривлина для полиуретана SKU-7Л: $C_{10} = 2,42$, $C_{01} = 0,81$, для композиционного материала, армированного тканью 8601-90: $C_{10} = 12,88$,

$C_{01} = 4,86$. Жесткий вал – цилиндр, внешний диаметр 100 мм, принятый абсолютно жестким телом.

Для ускорения расчета использовались условия симметрии в трёх плоскостях. Матрица и вал были заданы абсолютно жёсткими телами (Rigid). Поведение деформируемого материала (АД0) было описано билинейной моделью (напряжение текучести 40 МПа, предел прочности 80 МПа при относительном удлинении 0,35), а

поведение полиуретановой оболочки с помощью двухпараметрической модели Муни-Ривлина. Для описания контакта между матрицей и листом использован контакт типа frictional с коэффициентом трения 0,2, жестким валом и полиуретаном – контакт типа bonded, между полиуретаном и листом контакт типа frictional с тем же коэффициентом трения 0,2. Схема осадки представлена на рисунке 3.

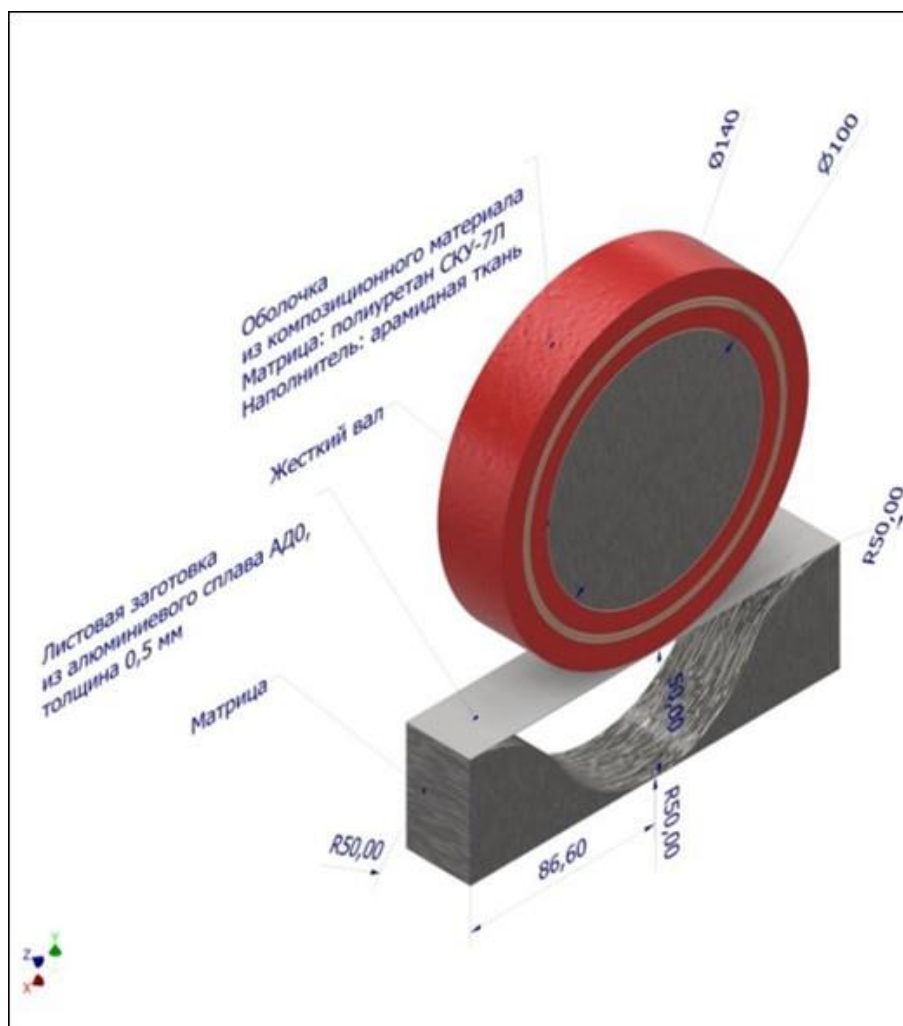


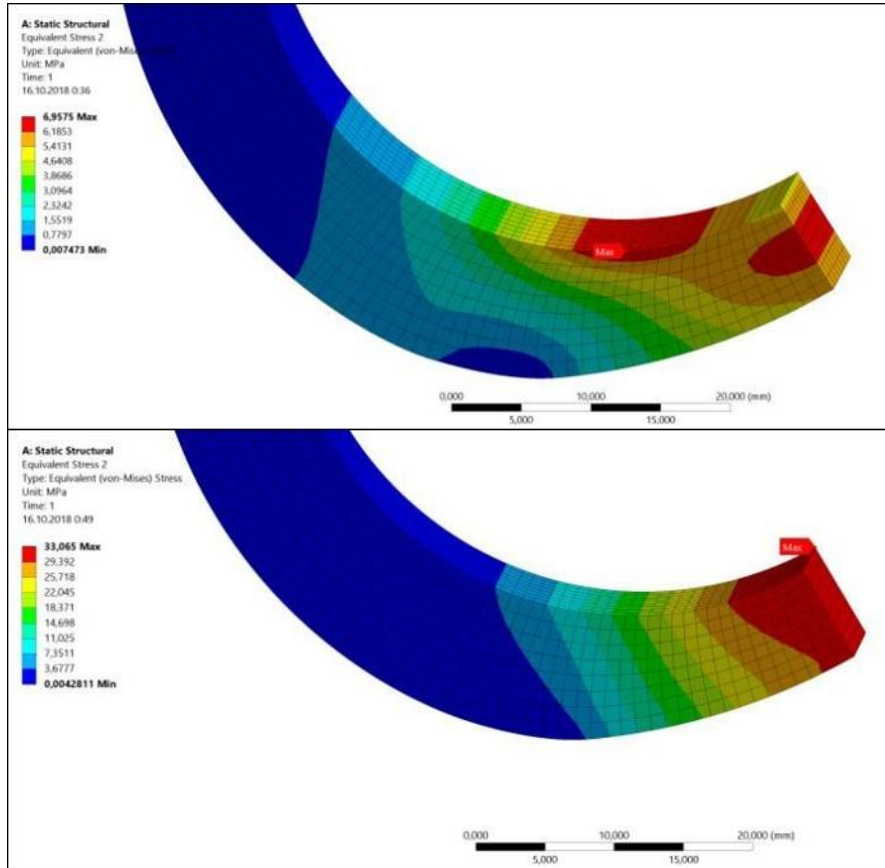
Рисунок 3 – Схема нагружения

Лист разбит на параллелепипеды с помощью команды edg sizing размерами 0,05×4,5×5 мм. Полиуретановая оболочка разбита на параллелепипеды с помощью команды edg sizing размерами 1×1,25×3,8. Для лучшей картины НДС в приконтактной зоне использовалась команда

contactsizing, что уменьшило размеры элементов в приконтактной зоне. Таким образом, в задаче получилось 40413 узлов и 8500 элементов.

В результате были получены следующие результаты, представленные на рисунках 4-5:

A



B

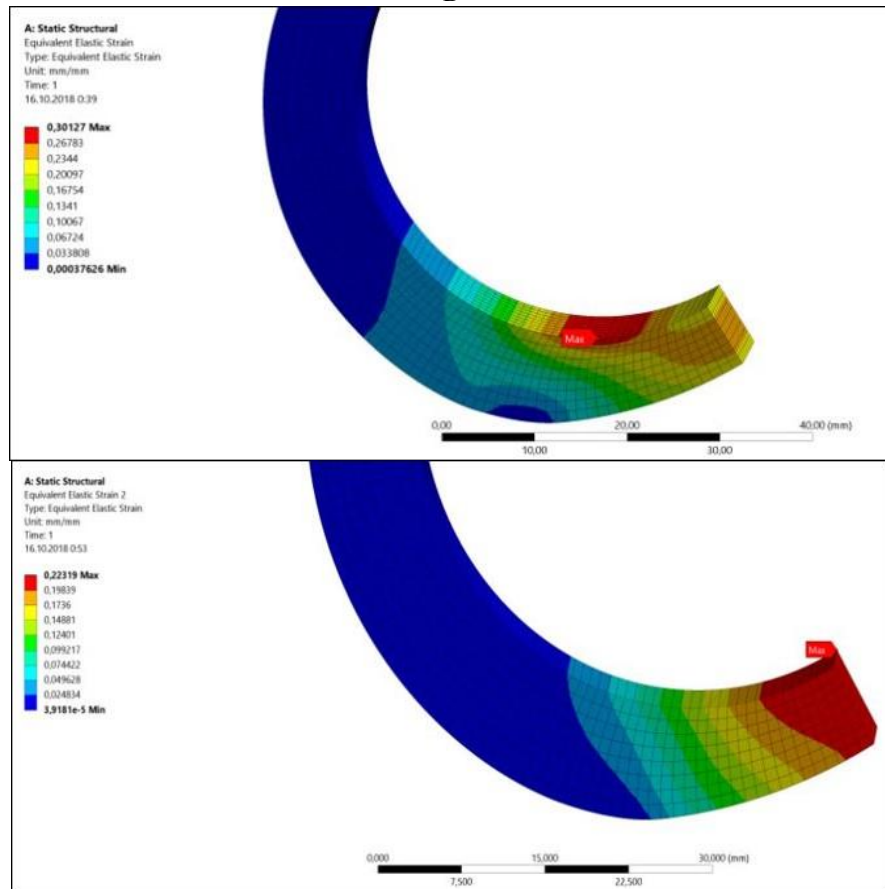


Рисунок 4 (а,б) – а - эквивалентные напряжения, б – эквивалентные деформации

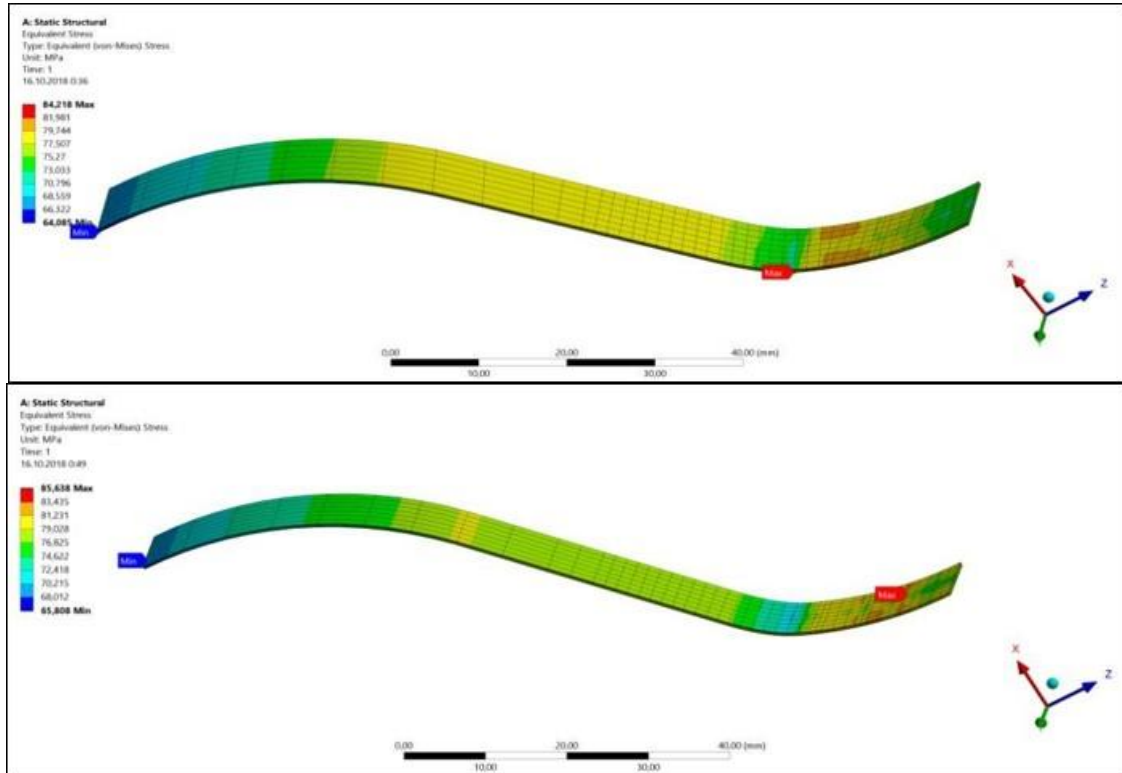
Эквивалентные напряжения полиуретанового инструмента: максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.max}} = 7$ МПа, минимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.min}} = 0,007$ МПа.

Эквивалентные напряжения композиционного инструмента: максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.max}} = 33$ МПа, минимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.min}} = 0,004$ МПа.

Эквивалентные деформации полиуретанового инструмента: Максимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.max}} = 30,1$ %, Минимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.min}} = 0,04$ %.

Эквивалентные деформации композиционного инструмента: Максимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.max}} = 22,3$ % ,Минимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.min}} = 0,002$ %

A



б

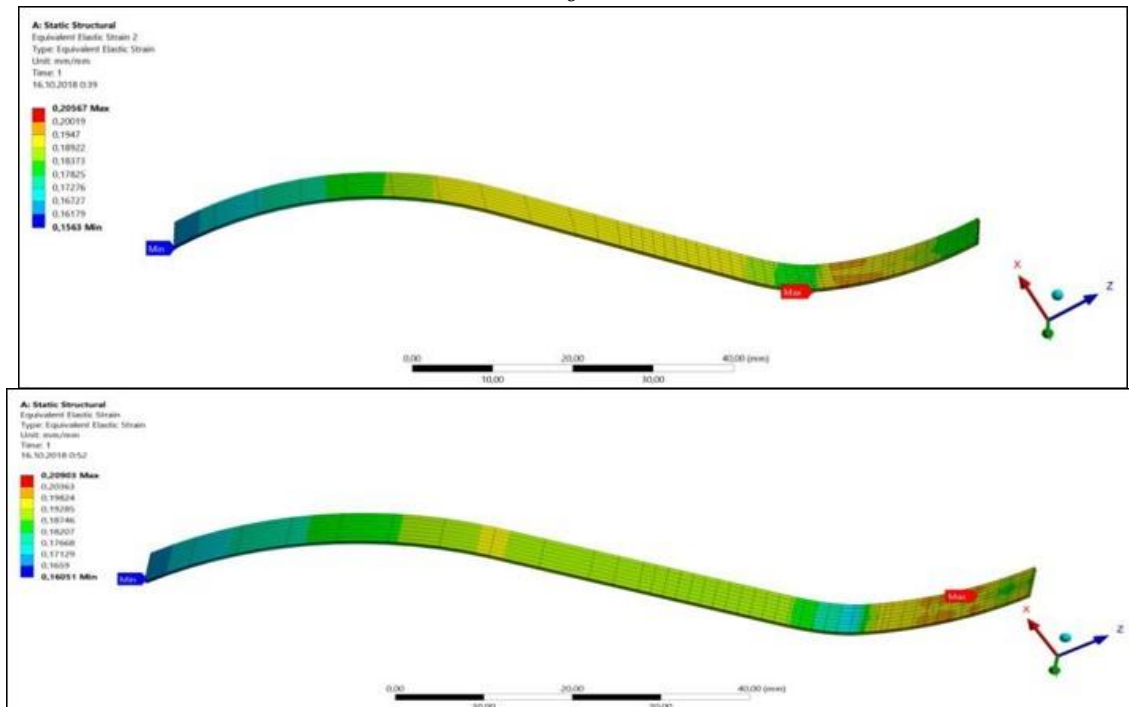


Рисунок 5 (а,б)- а - эквивалентные напряжения, б – эквивалентные деформации

Эквивалентные напряжения листа при обработке полиуретановым инструментом:

Максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.мах}} = 84,2$ МПа, Минимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.мин}} = 64$ МПа

Эквивалентные напряжения листа при обработке композиционным инструментом: Максимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.мах}} = 85,6$ МПа, Минимальное эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв.мин}} = 65,8$ МПа.

Эквивалентные деформации листа при обработке полиуретановым инструментом: Максимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.мах}} = 20,6$ %, Минимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.мин}} = 15,6$ %

Эквивалентные деформации листа при обработке композиционным инструментом: Максимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.мах}} = 20,9$ %, Минимальная эквивалентная деформация $\epsilon_{\text{экв.мин}} = 16,1$ %.

Выводы

Математическое моделирование процесса деформирования металлического листа инструментом из композиционного материала показало существенное увеличение сил, необходимых для деформирования композитного инструмента, а также значительное увеличение напряжений на поверхности контакта при той же степени деформации. Максимальное эквивалентное напряжение в инструменте из композиционного материала составило 33 МПа, т.е. примерно в 4,7 раза больше, чем у полиуретанового инструмента. Максимальное нормальное напряжение по оси X в инструменте из композиционного материала составило 33,5 МПа, т.е. примерно в 2,5 раза больше, чем у полиуретанового инструмента. Таким образом армирование приводит к существенному увеличению жесткости рабочего эластичного рабочего инструмента, контактные напряжения позволят обрабатывать не только листовые детали до 1 мм из алюминиевых сплавов, но и стальные заготовки, что не удастся с применением обычного полиуретана. Использование нового композиционного материала позволит существенно расширить номенклатуру изделий, получаемых обработкой этим композитным инструментом.

Литература

1. Bukhina M.F. Technical physics of elastomers. – M: Chemistry, 1984. - 224 p.
2. Muzyemnek A.Y. Description of the behavior of materials in automated engineering analysis systems.-

Penza: - PSU Information Publishing Center, 2005, - 320 p.

3. Semenov I.E., Ryzhenko S.N., Krutova M.V. Modeling the process of deformation of a strip by an elastic and rigid working tool Steel., No. 5, 2007, p. 83-87.

4. Semenov I.E., Ryzhenko S.N., Povorov S.V. Dynamic modeling of the process of local bending-molding for the production technology of roof coatings. Procurement in engineering.- 2007. - No. 10. pg. 40-43

5. Semenov I.E., Ryzhenko S.N., Povorov S.V. Investigation of the stress-strain state of an elastic working tool and sheet blank in the process of local bending-molding. Proceedings of the Seventh Conference of CAD Software Users – FEM GmbH. – M.: Polygon press, 2007 p. 350-354.

6. Semenov I.E., Ryzhenko S.N., Povorov S.V. Modeling the molding process on a roll forming mill with an elastic working tool. Vestnik MSTU., 4 (79) 2010, p.86-93.

7. Semenov I.E., Ryzhenko S.N., Povorov S.V. Modeling of the processes of sequential molding of longitudinal channels in a sheet on a mill with an elastic and rigid tool. Procurement in engineering. Forging and stamping production., - 2010, No. 6, p.29-32.

8. M L Belov et al 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 537 022047

10. Semenov, I.E., Povorov, S.V. Simulation of thin-sheet metal blanking and punching by elastic mediums (2019) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 537 (3), статья No 032027.

11. Povorov S, Semenov I Method for calculating of cross-sectional dimensions of sheet blank at intermediate stages of rollerforming process (2018) 2018 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018, статья No 8501838

12. I. E. Semenov and A. V. Ivanov, "Designs of Domestic (Russian) Solar Plane Type Collectors with Absorber of Corrosion-Resistant Steel," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-4. doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934352

URL:

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8934352&isnumber=8933821>

13. Ikonnikov D.A, Semenov I.E./Thin sheet metal forming with composite material./ IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2020 vol.734. Issue 1.-a Art no 012070/ <https://iopscience.iop.org/.../57-89X/734/1/012070>. DOI:10.1088/1757-899X/734/1/012070.

Усмонов Фарход Бафоевич

БМТИ, кандидат технических наук, доцент.

Каххоров Хамид Ахрорович

БМТИ, старший преподаватель.

Яхшиев Екуб Гаффарович

БМТИ, ассистент

ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ БЕТОНА СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРА

CHANGE IN THE ABSORPTION COEFFICIENT OF SOLAR SPECTRUM CONCRETE

Ключевые слова: бетон, железобетон, гелиотермообработка, солнечный спектр, солнечная радиация, коэффициент поглощения, технологические факторы, вяжущий компонент, осадка конуса, водоцементное отношение.

Key words: concrete, reinforced concrete, solar processing, solar spectrum, solar radiation, absorption coefficient, technological factors, astringent component, sediment cone, water-cement ratio.

Изучен коэффициент поглощения свежесуложенного бетона различных длин волн солнечного спектра при переменных технологических факторах. Экспериментальными исследованиями установлена закономерность изменения коэффициента поглощения свежесуложенного бетона с течением времени.

The absorption coefficient of concrete from different wavelengths of the solar spectrum has been studied for varying technological factors. Experimental studies have established a pattern of changes in the absorption coefficient of freshly laid concrete over time.

Анализ ряда экспериментальных исследований, полученных нами при применении плоских отражателей свидетельствуют о неравнозначности повышения интенсивности солнечной радиации на поверхность гелиопокрытия (J_0) и суточной зрелости свежесуложенного бетона (S), в особенности в летний период года, составивших соответственно 50-60% и 5-8% в сравнении с гелиотермообработкой бетона без применения плоских отражателей [1].

В связи с этим поставлена цель, установить картину изменения коэффициента поглощения свежесуложенного бетона от величины воздействующей длины волны солнечного спектра, при переменных технологических факторах, таких как в/ц, консистенция бетонной смеси.

Исследования проводились на приборе «Пульсар» определяемом коэффициенты отражения, поглощения и цветность материалов. Во всех экспериментах, во-первых, не было граничащего материала между измерительным устройством и свежесуложенным бетоном, типа светопрозрачного материала, во-вторых, прикладывание измерительного устройства, возможно, было только после образования на поверхности бетонной смеси корки новообразований, что в условиях лаборатории требовало не менее 1 часа времени после формовки.

В экспериментах использовали портландцемент Навоийского завода М400,

кварцевый песок $M_{кр}=2,34$, гранитный гравий $F_r=5-20$ мм. Пределами измерения длин волн спектра (λ) были от 0,38-1,1 мкм, что в целом охватывает пределы длин волн спектра солнечной радиации с максимальным энергетическим потенциалом. Во всех экспериментах изменения коэффициента поглощения оценивалось, начиная с возраста 1 часа после приготовления и формования бетонной смеси.

В экспериментах сравнивались составы бетонов с В/Ц=0,4, 0,8, при этом ОК=1-4см = const сохранялось во обоих составах. Соотношение компонентов соответственно вышеуказанным в/ц следующее: 1 : 1.62 : 2.27 ; 1 : 3.67 : 5.1 ;

На рис.1 приведена картина изменение коэффициента поглощения бетона различных длин волн (λ) в зависимости от В/Ц. Заметно снижение коэффициента поглощения бетона солнечного спектра с повышением λ от 0,38 до 0,596 мкм, что на данном участке является почти прямолинейным, при этом на данном участке коэффициент снизился на 6-7%. В пределах $\lambda = 0,596-0,71$ мкм наблюдается выравнивание коэффициента поглощения, а в дальнейшем незначительный его рост, по сравнению с предыдущим участкам на 2-3%. Снижение В/Ц положительно отразилось на коэффициенте поглощения бетона, по-видимому, в силу большего содержания вяжущего компонента, интенсивного протекания гидратационных процессов и энергичного распространения сети новообразований, вследствие чего и большего тепловыделения.

При установлении изменении коэффициента поглощения бетона с течением времени, оценивалось его среднее значение при воздействии лучей с длинами волн от 0.4 до 0.6 мкм, как лучей с наибольшим энергетическим потенциалом, в соответствии с [2].

Изменение во времени коэффициента поглощения бетона спектра длин волн в зависимости от В/Ц приведенные на рис.2 свидетельствуют о росте данного коэффициента в течение первых 3-5 часов, причем чем ниже В/Ц,

тем этот рост значительней. В дальнейшем же происходит медленное снижение коэффициента, достигшего к концу первых суток 16-17%, к концу вторых суток 28-30%. Такое интенсивное и ритмичное снижение коэффициента поглощения

бетона спектра солнечной радиации объясняется выделением в результате гидратационных процессов минералов портландцемента, свободной окиси кальция, имеющее белый цвет и способствующий отражению падающих лучей.

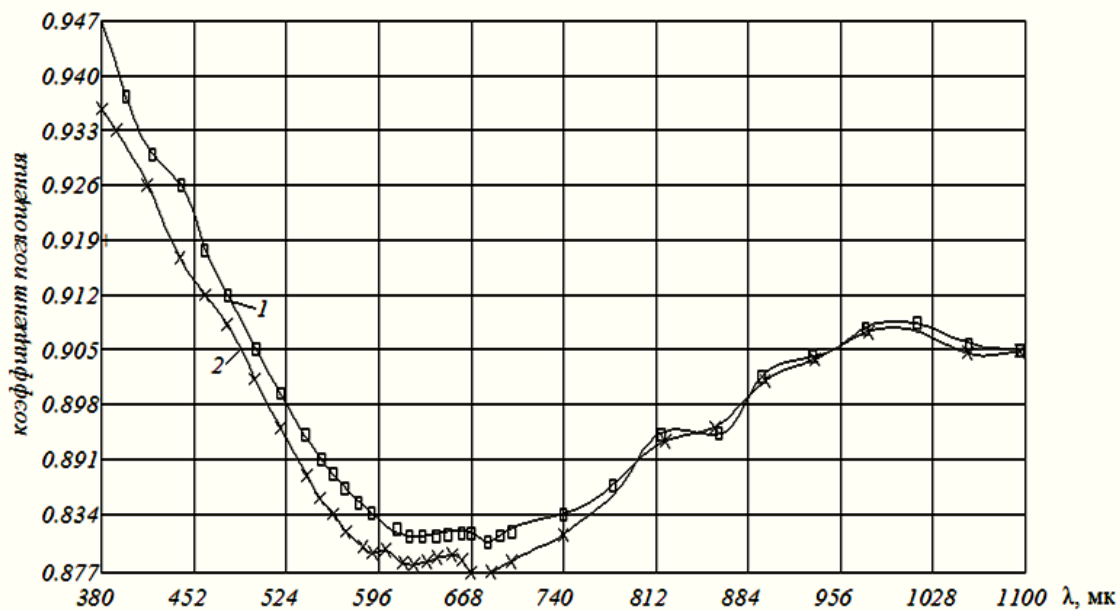


Рис. 1. Изменение коэффициента поглощения бетона солнечного спектра в зависимости от В/Ц: 1- В/Ц = 0.4; 2- В/Ц = 0.8

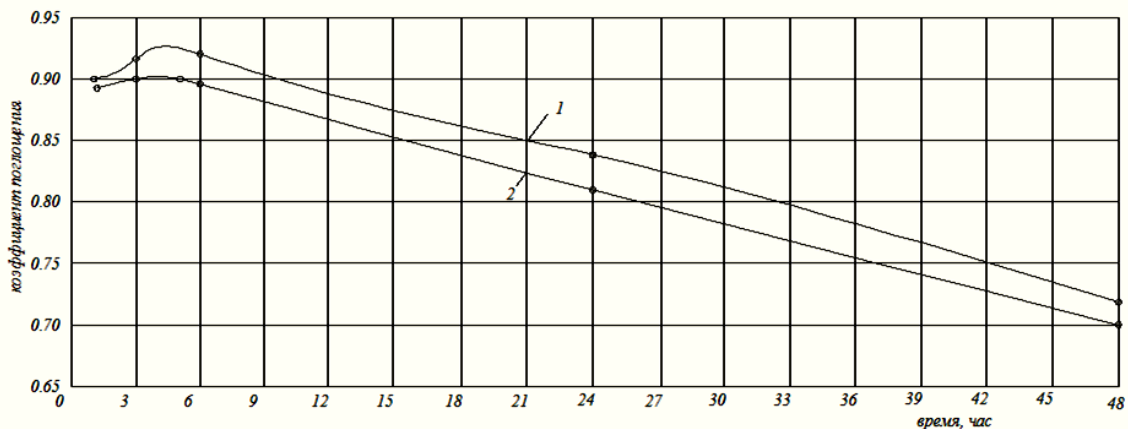


Рис. 2. Изменение коэффициента поглощения бетона солнечного спектре с течением времени в зависимости от В/Ц: 1- В/Ц = 0.4; 2- В/Ц = 0.8

На рис.3 приведена картина изменение коэффициента поглощения бетона спектра длин волн, в зависимости от консистенции бетонной смеси. В экспериментах консистенция бетонной смеси принималась, в первом случае, ОК=7-8 см, во втором ОК=14 см, в третьем - Ж=20-25 сек. Принятые пропорции компонентов смеси составили, соответственно: 1:2.77:3.83, 1:2.37:3.31, 1:2.21:3.08 введенное количество воды затворения 160,180 и 190 л на 1 м³ бетонной смеси. При этом В/Ц=0.55=const сохранялось во всех случаях.

В соответствии с рис.3 тенденция к аналогичному, почти прямолинейному снижению коэффициента поглощения бетоном спектра длин волн до $\lambda = 0.596$ мкм, также сохраняется, независимо от начальной консистенции бетонной смеси. Сохранена в дальнейшем картина изменения коэффициента поглощения бетона с $\lambda > 0.71$ мкм, как в экспериментах с переменными В/Ц. Однако, в данном эксперименте четко вырисовывается действие увеличения начального водосодержания.

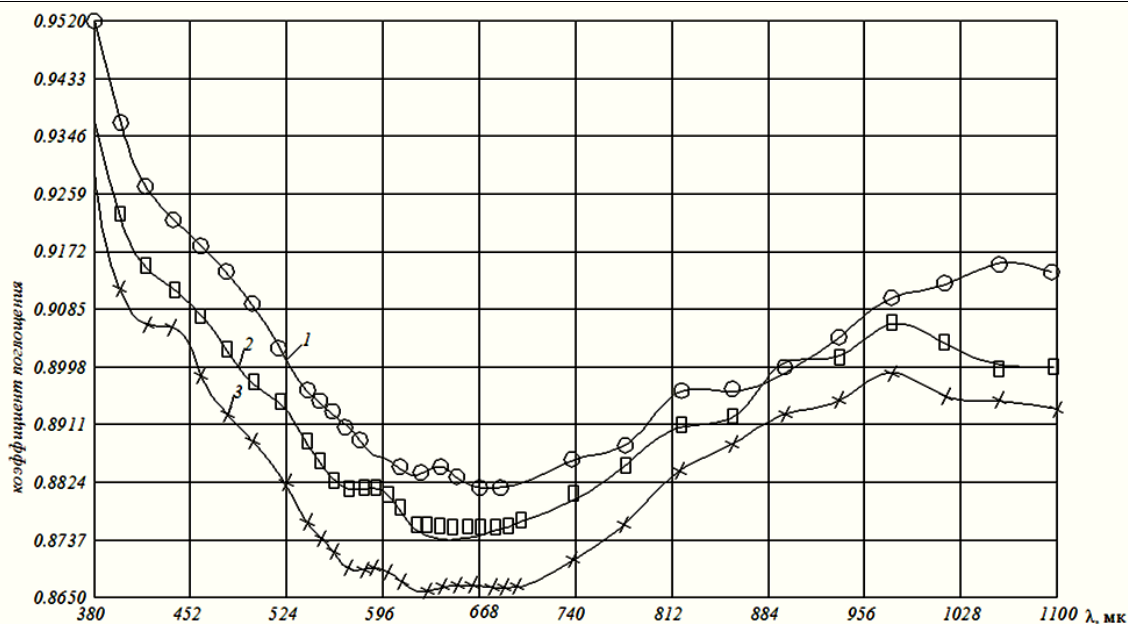


Рис.3. Изменение коэффициента поглощения бетона солнечного спектра в зависимости от начальной консистенции бетонной смеси

1 - Ж = 20-25 сек; 2 - ОК = 1-4 см; 3- ОК = 7-8 см.

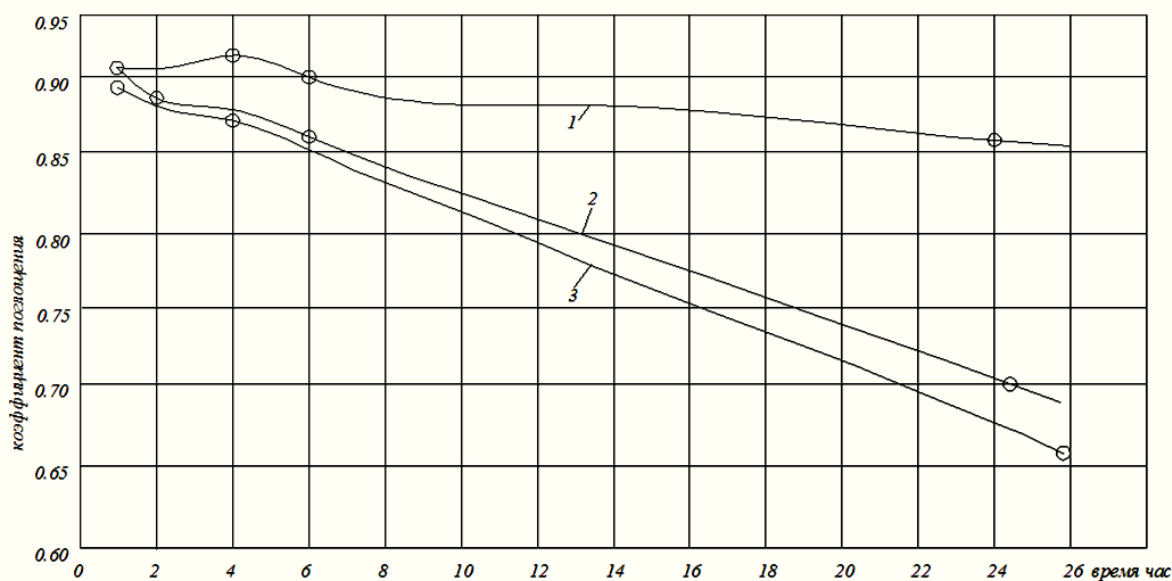


Рис.4. Изменение коэффициента поглощения бетона солнечной спектра с Ж = 20-25 сек;
2 - ОК = 1-4 см; 3 - ОК = 7-8 см

Поскольку своей глянцевой поверхностью вода, по видимому, старается отражать лучи, то коэффициент поглощения бетона с начальной подвижностью ОК = 7-8 см составляет 97 – 98% аналогичной величины бетона с начальной Ж = 20-25сек.

Изменение коэффициента поглощения во времени в зависимости от начальной консистенции бетонной смеси, график которой представлен на рис.4 подтвердила вышеприведенный анализ рис.2 о постепенном и ритмичном снижении, данного коэффициента во времени. Причем интенсивность снижения коэффициента тем выше, чем больше

вяжущего в смеси, а следовательно чем больше выделяемой свободной окиси кальция.

Таким образом, полученные результаты позволяет качественно повысить эффективность использования поток солнечного излучения при гелиотермообработке бетона. Коэффициент поглощения бетона солнечной радиации убывает с течением времени после начала гелиотермообработки, поэтому наиболее эффективно использовать солнечный тепловой поток в первые часы твердения бетона.

Литература

1. Усмонов Ф.Б. Повышение эффективности использования плоских отражателей при гелиотермообработке бетона. //В книге сборных научных трудов. БФ ТИИМ, Бухара, 2016, С.72-75.

УДК 624.074.5+656.21

ГРНТИ 67.29.63:67.11.35

2. Усмонов Ф.Б., Усмонова Г.Ф. Разработка и исследование интенсивной тепловой обработки сборного железобетона с использованием солнечной энергии. – Бухара: Дурдона, 2018, 135с.

Khalimbekov I.M.

*master student of the department of metal and timber constructions
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

**ABOUT THE DESIGN OF THE STRUCTURE OF THE TRANSPORT HIGHWAY OVER
THE GULF OF FINLAND.**

Халимбеков Ислам Мурадович

*магистрант кафедры металлических и деревянных конструкций
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

**О ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ
НАД ФИНСКИМ ЗАЛИВОМ**

Summary. To solve the problems outlined in the modern concept of the passenger transport system of St. Petersburg with a total length of 135.8 km, a high-speed vacuum train system is proposed, similar to the famous Hyperloop by Elon Musk, with changes to suit Russian conditions. The route scheme in the plan has a polygon with the location of the traffic interchange nodes (TIN) in its corners. The article discusses the sea section of the route located between

TIN "Izhora" and TIN "Sestroretsk" in the north. The basic level of the railway tracks for the supporting aboveground and water base is assumed at the level +88.0 of the Baltic Heights system. The location of the sea section of the high-speed transport highway (HSTH) is taken in accordance with the routes of sea fairways, railways and highways, including the city ring road. The above-ground part of the structure is presented in the form of a spatial cable-rod system with a span of 360.0 m and 180.0 m, belonging to the category of high-rise and large-span structures for supporting the overpass. Static calculation and selection of structural sections are performed for acting loads, taking into account the preliminary tension of guys and suspensions, as well as taking into account the maximum amplitudes of resonant oscillations of systems from the dynamic component of the wind load, including taking into account nonlinearity. The development of load-bearing building structures has been completed to ensure the operation, the required reliability and safety of the HSTH.

Аннотация. Для решения проблем, указанных в современной концепции пассажирской транспортной системы Санкт-Петербурга общей протяженностью 135,8 км, предлагается система высокоскоростного вакуумного поезда, подобного известному «Hyperloop» Илона Маска, с изменениями под российские условия. Схема магистрали в плане имеет многоугольник с расположением транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) в его углах. В статье рассматривается морской участок магистрали, расположенный между

ТПУ «Ижора» и ТПУ «Сестрорецк» на севере. Основной уровень рельсового пути для опорного надземного и водного базиса принят на отметке +88,0 Балтийской системы высот. Местоположение морского участка высокоскоростной транспортной магистрали (ВСТМ) принято в согласовании с путями прохождения морских фарватеров, железными и автомобильными дорогами, включая кольцевую городскую автомагистраль. Надземная часть конструкции представлена в виде пространственной вантово-стержневой системы пролетом 360,0 м и 180,0 м, относящейся к категории высотных и большепролетных конструкций для поддержки балки путепровода. Статический расчёт и подбор сечений конструкции выполнен на действующие нагрузки с учётом предварительного натяжения оттяжек и подвесок, а также с учётом максимальных амплитуд резонансных колебаний систем от динамической составляющей ветровой нагрузки, включая учёт нелинейности. Выполнена разработка несущих строительных конструкций, обеспечивающих функционирование, требуемую надёжность и безопасность ВСТМ.

Keywords: *high-speed transport highway, overpass of large-diameter pipes, cable-stayed and arched structures.*

Ключевые слова: *высокоскоростная транспортная магистраль, эстакада из труб большого диаметра, вантовые и арочные конструкции.*

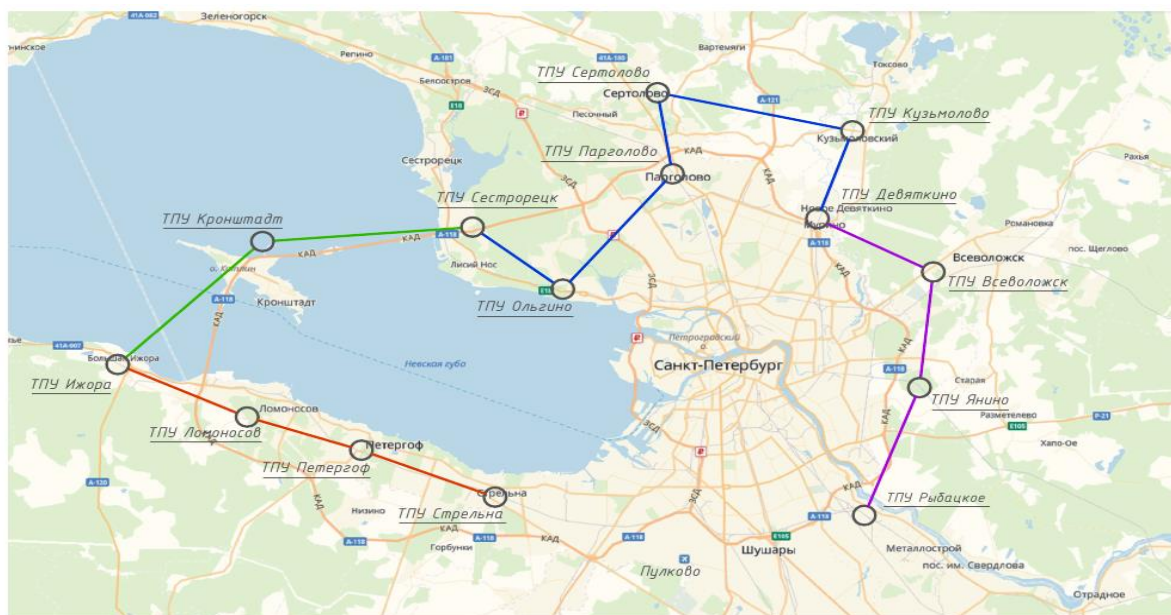
В транспортной политике Санкт-Петербурга проектирование и строительство городских и пригородных автомобильных магистралей имеет приоритетное развитие (например, Западный и

Восточный скоростные диаметры), приводя к дополнительным экологическим потерям.

Для решения данных проблем предлагается альтернативная система высокоскоростного поезда

со скоростью до 500 км/ч общей протяженностью в 147,2 км, которая в последние годы стала наиболее перспективной системой пригородного и

междугородного транспортного сообщения (рис. 1) [1].



Условные обозначения:

— Северная линия — Восточная линия — Южная линия — Западная линия

Рисунок 1. Схема развития высокоскоростного транспорта на 2030-2050 г.

Предлагаемая высокоскоростная транспортная магистраль (ВСТМ) обеспечивает удобные, быстрые и безопасные высокоскоростные транспортные связи мегаполиса с пригородами и близлежащими поселениями Ленобласти. ВСТМ основана на изобретении Н.Р. Янсуфина [2], а также на недавних исследованиях компании «Hyperloop Alpha» бизнесмена И. Маска [3,4], в которых предполагается высокоскоростное движение пассажирских модулей со скоростью от 500 до 1220 км/ч. Такая скорость достигается за счет перемещения поезда внутри стальной трубы со значительно разреженной внутренней атмосферой [5,6].

Рассмотрим наиболее подробно морской участок магистрали. Пути прохождения транспортной магистрали над акваторией, соединяющих ТПУ «Ижора» – ТПУ «Кронштадт», ТПУ «Кронштадт»

– ТПУ «Сестрорецк» были приняты кратными 180,0 м дабы не препятствовать путям прохождения морских фарватеров, и дабы колонны не налегали на постройки, железную дорогу и автомобильные дороги (рис. 2).

Магистраль имеет основной уровень рельсового пути для надземного и надводного опорного

базиса, принятый на отм. +88,00 м (Балтийская система высот). Надземная часть конструкции представлена в виде вантово-стержневой системы пролетом $L=360.0$ м и 180.0 м (в первом пролете) и относится к категории высотных и большепролетных конструкций (рис. 3).

Назначена протяженность магистралей на участках: ТПУ Ижора – ТПУ Кронштадт (14220 м); ТПУ Кронштадт – ТПУ Сестрорецк (14760 м). При этом угол между осями ВСТМ ТПУ Ижора – ТПУ Кронштадт, ТПУ Кронштадт – ТПУ Сестрорецк составил 137° .

Для того, чтобы получить длину всех колонн магистрали, расположенных непосредственно в водах залива, использованы карты глубин Финского Залива, по которым построены продольные профили магистрали с учетом рельефа местности (рис. 4). Таким образом, для колонны, расположенной вблизи прохождения фарватера, максимальная высота составила 95,87 м, включая подводную часть. Данный участок является наиболее опасным для магистрали. Именно для этого участка и будет выполнен статический расчет и подбор сечений элементов.



Рисунок 2. Схема прохождения магистрали на карте Google (морской участок)

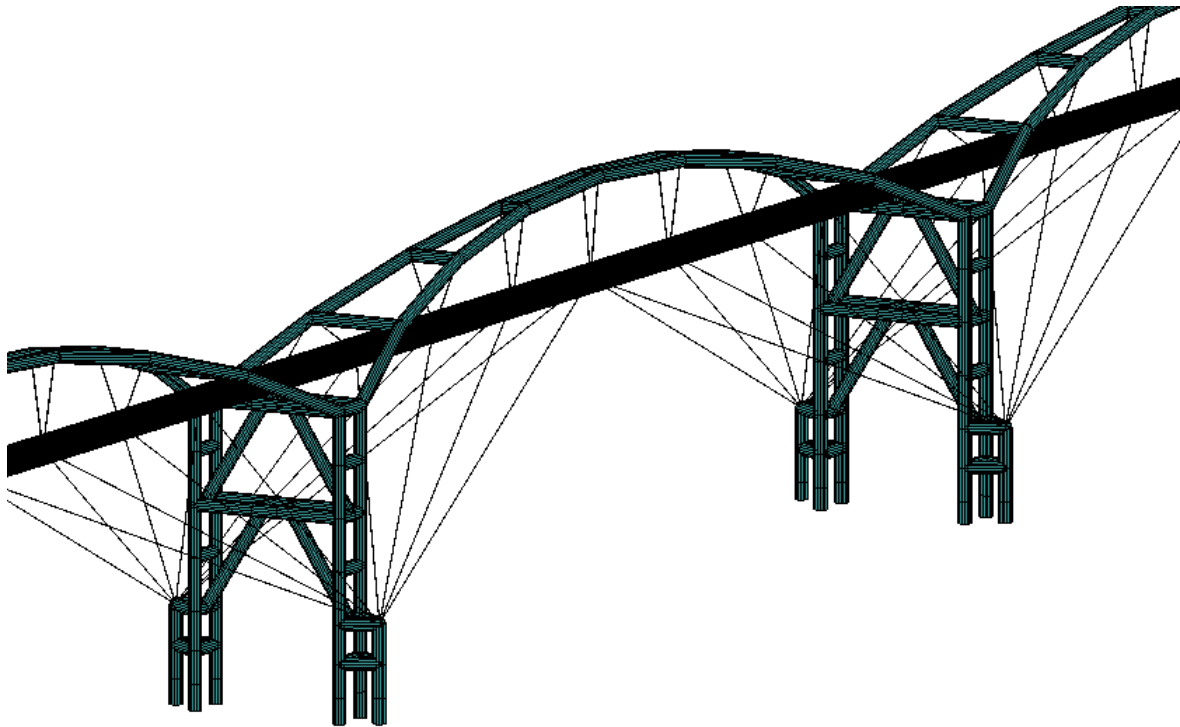


Рисунок 3. Конструктивная схема ВСТМ

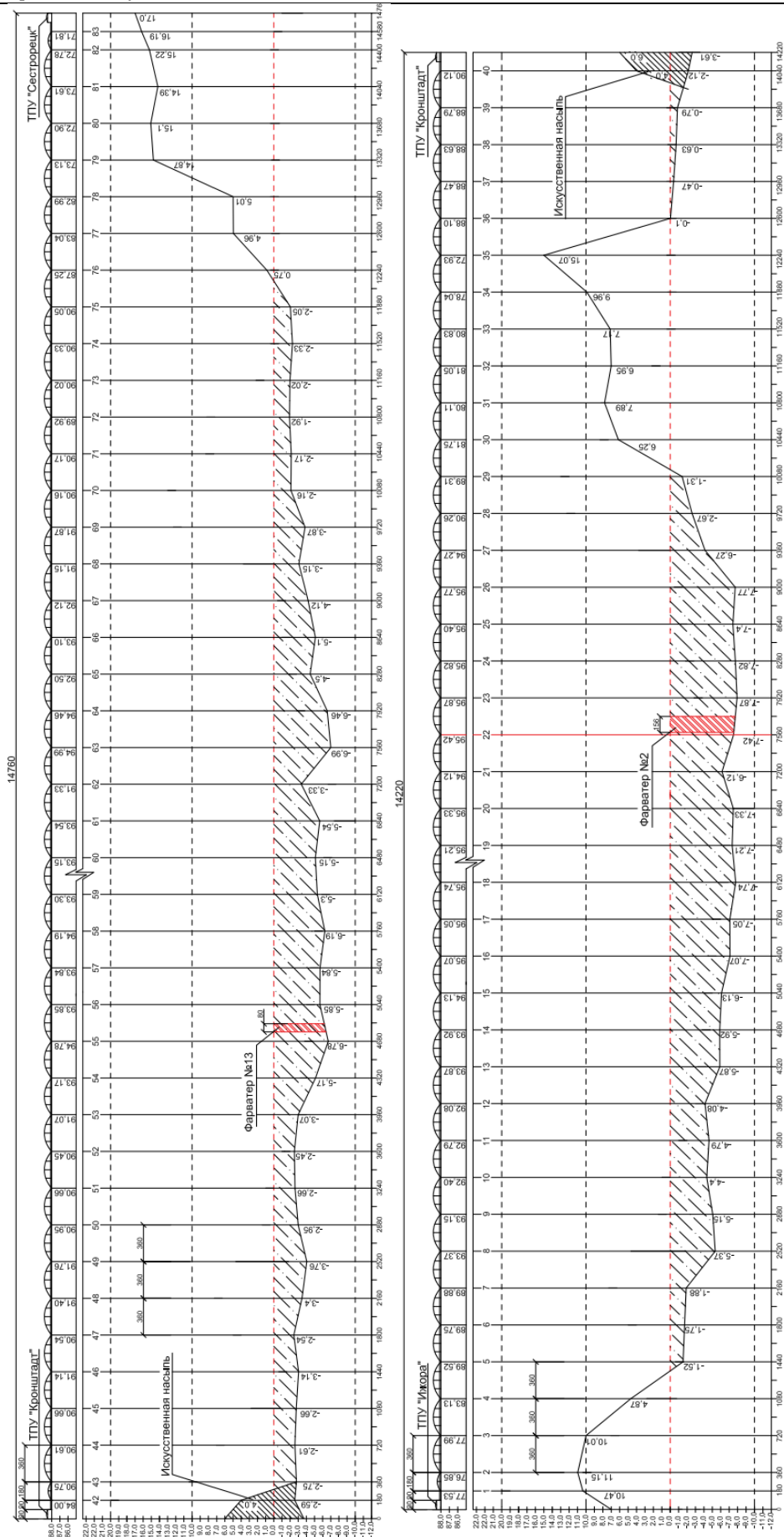


Рисунок 4. Продольный профиль магистрали ТПУ Ижора – ТПУ Кронштадт и ТПУ Кронштадт – ТПУ Сестрорецк

подбор сечений конструкции выполнен на действующие нагрузки с учётом предварительного натяжения оттяжек и подвесок, а также с учётом максимальных амплитуд резонансных колебаний систем от динамической составляющей ветровой нагрузки, включая учёт нелинейности, что предусмотрено программным пакетом SCAD++. По результатам расчета, были получены следующие значения внутренних усилий и перемещений в элементах магистрали (рис. 5-7), прежде всего в балке-путепроводе (табл. 1).

Далее по полученным значениям усилий и прогибов были подобраны сечения элементов конструкции. Основными несущими элементами конструкции являются стальные трубы большого диаметра, изготовленные из стали С345. Путепровод представляет собой стальную балку, составленную из четырех труб диаметром $D = 3020$ мм с толщиной стенки $t = 16$ мм (рис. 8). Колонна и ригели, образующие несущую раму выполнены из труб наружным диаметром $D = 3820$ мм с толщиной стенки $t = 25$ мм, при этом вертикальные элементы заполнены бетоном. Элементы арки запроектированы из труб того же диаметра $D = 3820$ мм с толщиной стенки $t = 40$ мм. Пилоны запроектированы в виде рамной системы, стойки

которой представлены трубобетонными элементами, являющимися продолжением опорной подземной части конструкции как виброгружаемые сваи. Несущей конструкцией в пролетной части сооружения является арка, выполненная из стальных труб, с применением вантовых элементов (оттяжки, затяжки, подвески и т.д.).

В качестве вантовых конструкций приняты канаты маркировочный группы 1670 МПа, диаметром $D = 120$ мм и площадью сечения $A = 10100$ мм², выполняющие роль подвесок и поддерживающих путепровод, и канаты диаметром $D = 70$ мм и площадью сечения $A = 3390$ мм², выполняющие роль связей и передающих усилия на балку, а также канаты диаметром $D = 60$ мм и площадью сечения $A = 2490$ мм², выполняющие роль вант.

Для сопряжения частей и секций используются болтовые соединения на высокопрочных болтах.

Разработанные несущие строительные конструкции, обеспечивают функционирование, требуемую надежность и безопасность ВСТМ и имеют ориентировочный расход на все стальные элементы большого пролета $L = 360$ м, включая пилон, который составил 7714,8 тонн или 21,43 тонны на 1 м длины магистрали.

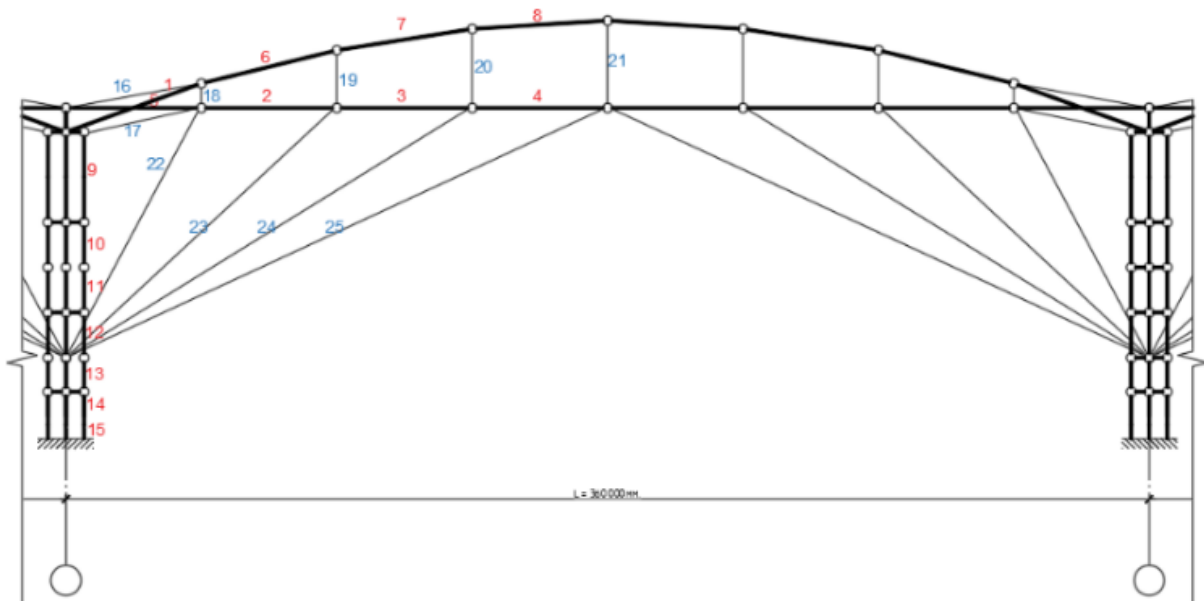


Рисунок 5. Расчетная схема магистрали с номерами типов жесткости элементов

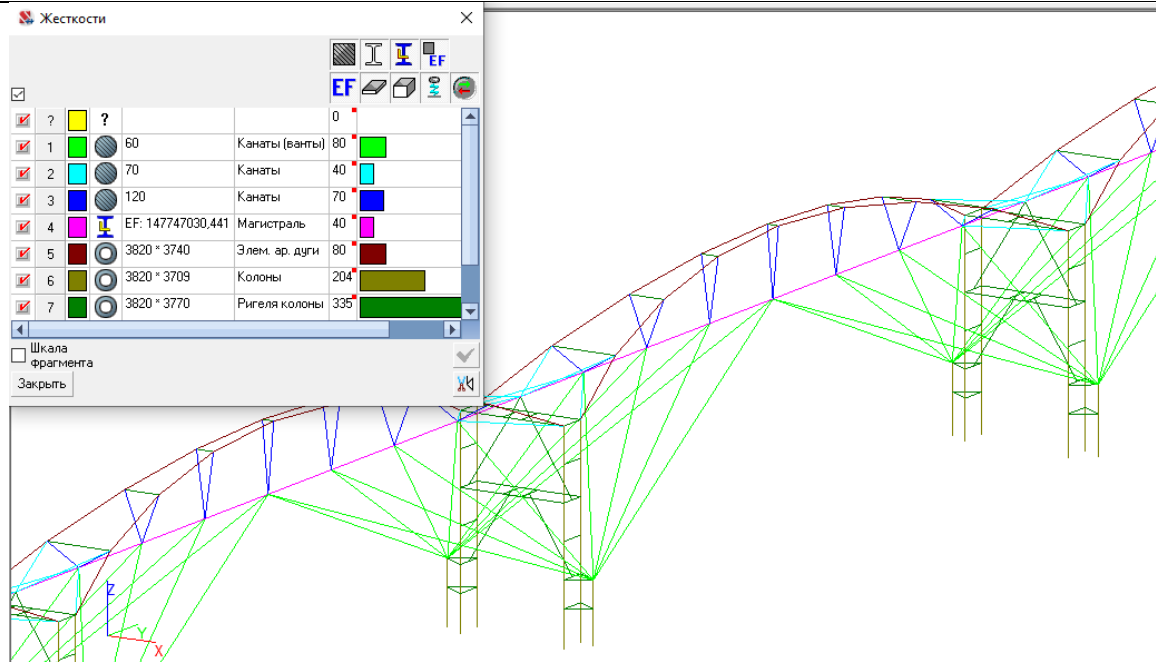


Рисунок 6. Номера элементов

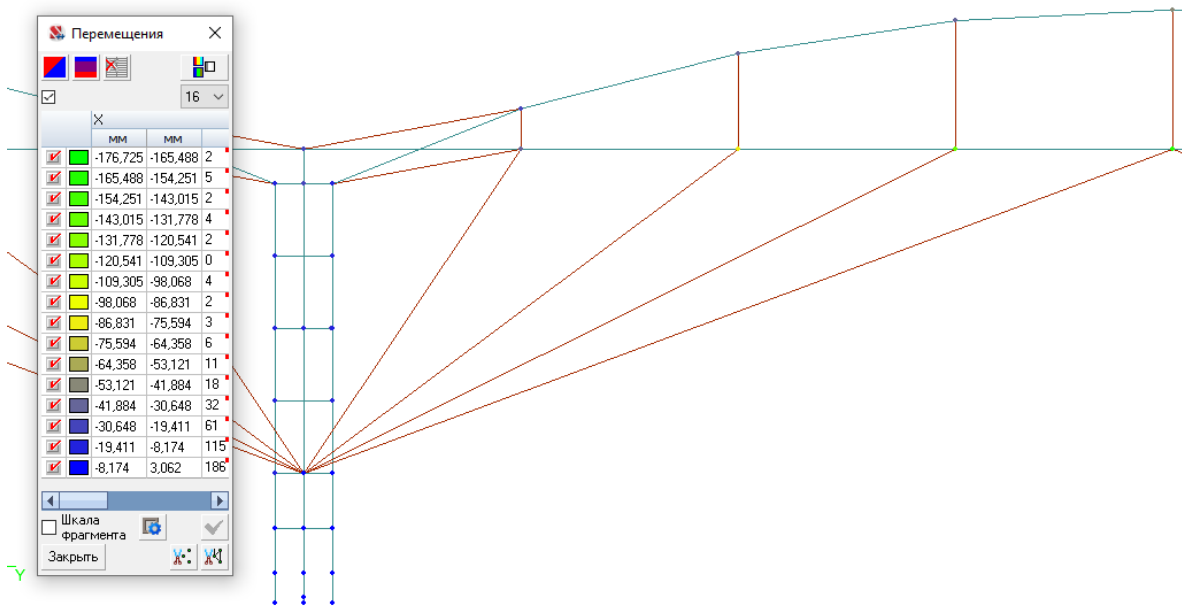


Рисунок 7. Значения перемещений узлов

Таблица 1

Внутренние усилия в элементах		
№ эл-та	N _i , кН	M _i , Кн*м
1	-46905,1	-48510,6
2	6950,118	-81629,2
3	7887,439	102999
4	9994,855	129767,3
5	6550,059	-127337
6	-45659,3	-48551,8
7	-44229,7	30715,04
8	-45821,3	31057,04
9	-20706,8	-9265,37
10	-20557,6	-3235,43
11	-22352,1	-3515,69
12	-22215,4	6652,97
13	-23667,6	-4357,59

14	-23969,2	12849,27
15	-20635,5	13097,92
16	1909,339	-
17	1372,681	-
18	5934,48	-
19	5008,292	-
20	5201,706	-
21	5172,264	-
22	1121,762	-
23	1082,73	-
24	1076,467	-
25	1088,211	-

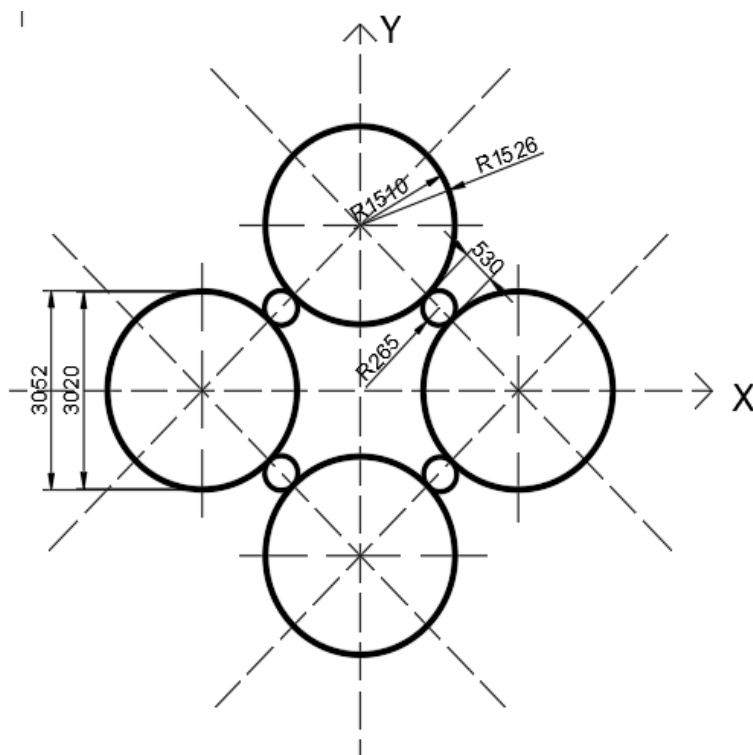


Рис. 9. Поперечное сечение труб ВСТМ

Заключение:

1. Определены линия рельефа морского участка ВСТМ в условиях мегаполиса Санкт-Петербурга с координатами и высотами колонн и ТПУ в узлах, и наиболее опасный участок магистрали.

2. Выполнен расчет элементов конструкции в программном комплексе SCAD++, в результате которого сконструированы конструкции сооружения.

3. Далее планируется проверка конструкций ВСТМ на воздействие прогрессирующего обрушения с учетом аварийных воздействий от удара проходящих судов и массивного льда.

Список литературы

1. Сенькин Н.А., Филимонов А.С., Харитонов К.Е., и др. 2019. Предложения по созданию высокоскоростной транспортной магистрали в Санкт-Петербурге // Транспортные системы и технологии Том 5, № 4: 73-95.

2. Янусфин Н.Р. Патент РФ на изобретение RU2327586C2 / 27.06.2008. Бюл. №11.. Сверхзвуковая транспортная система Янусфина. URL: <http://allpatents.ru/patent/2327586.html>.

3. Ashlee V. Elon Musk. 2015. Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future. An Imprint of Harpercollins Publishers. - P. 349.

4. Hyperloop Alpha. URL: https://www.tesla.com/sites/default/files/blog_images/hyperloop-alpha.pdf

5. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. 2014. Магнитолевитационная транспортная технология / Под ред. В.А. Гапановича. – М.: Санкт-Петербург: Физматлит.

6. Kim K.K. 2018. The Russian Version of the Transport System “Hyperloop”. Transportation Systems and Technology. 4(2):73-91. doi: 10.17816/transsyst20184273-91.

7. Almujiyah H., Kaduk S., Preston J. 2020. Hyperloop – prediction of social and physiological costs // Transportation Systems and Technology. Т. 6. - №3. - С. 43-59.

8. Федорова М.В. 2015. Скоростной городской транспорт для современной агломерации // Транспортные системы и технологии. Труды 3-й межд. научной конф. «Магнитолевитационные транспортные системы и технологии» (MTST'15). Вып. 1(1). ПГУПС. – СПб., С. 26-36.

9. Медведев Н.Е. 2017. Варианты конструктивных решений надземных сооружений высоко- и сверхскоростной транспортной систем // Актуальные проблемы строительства. Материалы 70-й Всероссийской научно-практической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Санкт-Петербургского госуд. архитектурно-строительного ун-та. Ч.1. СПбГАСУ. – СПб.– С. 240-244.

10. Талашкин Г.Н. 2017. Особенности проектирования и строительства Маглев-дорог для грузовых перевозок // Магнитолевитационные транспортные системы и технологии. Тезисы 4-ой Межд. научной конференции. ПГУПС, С.44-47.

11. Лаппо Г.М. 2012. Города России. Взгляд географа. Москва: Новый хронограф

12. Якуненкова М.С. 2016. Транспортный хаб как тип общественного комплекса. Функциональные элементы транспортного хаба // Архитектура – строительство – транспорт:

материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Ч.1. СПбГАСУ. – СПб., С.185-189.

13. Oster Daryl, inventor. 1999 Evacuated tube transport. United States patent US5950543 (A). 1999 Sept. 14. Available from: <https://patents.google.com/patent/US5950543A/en>.

14. СП 38.13330.2018 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). [SP 38.13330.2018 Nagruzki i vozdeystvija na gidrotehicheskie sooruzhenija (volnovye, ledovye i ot sudov). (In Russ.)].

15. СП 20.13330.2016 Свод правил. Нагрузки и воздействия. [SP 20.13330.2016 Svod pravil. Nagruzki i vozdeystviy (In Russ.)].

16. ГОСТ 27751-2014. Межгосударственный стандарт. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. [GOST 27751-2014. Mezghosudarstvennyj standart. Nadezhnost' stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozheniya. (In Russ.)].

17. СП 296.1325800.2017 Свод правил. Здания и сооружения. Особые воздействия. [SP 296.1325800.2017 Svod pravil. Zdanija i sooruzhenija. Osobyje vozdeystvija. (In Russ.)].

#12(64), 2020 часть 2
Восточно Европейский научный журнал
(Москва, Россия)
Журнал зарегистрирован и издается в России
В журнале публикуются статьи по всем
научным направлениям.
Журнал издается на русском, английском,
польском и немецком языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - A4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Каждый автор получает одну бесплатную
печатную копию журнала

Бесплатный доступ к электронной версии
журнала.

Редакционная коллегия

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)

#12(64), 2020 part 2
Eastern European Scientific Journal
(Moscow, Russia)
The journal is registered and published in Russia
The journal publishes articles on all scientific areas.
The journal is published in Russian, English,
Polish and German.

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 экземпляров.
Отпечатано в ООО «Логика+»
125040, г. Москва, Россия
проспект Ленинградский, дом 1,
помещение 8Н, КОМ. 1
«Восточно Европейский Научный Журнал»
Электронная почта: info@eesa-journal.com,
<https://eesa-journal.com/>

**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)**
Editor in chief - Adam Barczuk

1000 copies.
Printed by Logika + LLC
125040, Moscow, Russia
Leningradsky prospect, building 1,
8N, flat. 1
"East European Scientific Journal"
Email: info@eesa-journal.com,
<https://eesa-journal.com/>