

ЗАСНОВНИК

Київський національний університет
будівництва і архітектури

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ № 21541-11441Р від 21.08.2015 р.

ISSN 2415-8550 (print)
ISSN 2415-8569 (online)

DOI: 10.31493/uwt1909

Виходить 2 рази на рік

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ПІДВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРОМИСЛОВА ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

Заснований у серпні 2015 року

2019 Вип 09

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Михайло Сукач д.т.н., проф., КНУБА, Київ

ЗАСТУПНИК РЕДАКТОРА

Сергій Максимов д.т.н., ст.н.с., Ін-т електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України, Київ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Олександр Безверхий д.ф.-м.н., проф. НТУ, Київ

Володимир Блінцов д.т.н., проф., НУК
ім. академіка Макарова, Миколаїв

Віктор Грінченко академік НАНУ, д.т.н., проф.
Ін-т гідромеханіки НАН України, Київ

Леонід Дворкін д.т.н., проф., НУВГП, Рівне

Микола Дьомін чл.-кор. АМНУ, д.арх., проф.,
КНУБА, Київ

Леонід Заміховський д.т.н., ІФНТУНГ, Івано-
Франківськ

Станіслав Зуб д.ф.-м.н., проф., ХНПУ ім. Г.Сковороди,
Харків

Святослав Кравець д.т.н., проф., НУВГП, Рівне

Веніамін Кубенко академік НАНУ, д.ф.-м.н., проф.,
Ін-т механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, Київ

Олег Лимарченко д.т.н., проф., КНУ ім. Тараса
Шевченка, Київ

Олександр Луговський д.т.н., проф., НТУ України
КПІ ім. І.Сікорського, Київ

Олександр Маслов д.т.н., проф., КрНУ ім. М.Остроградського,
Кременчук

Володимир Надутий д.т.н., проф., Ін-т геотехнічної
механіки ім. М.С.Полякова НАН України, Дніпро

Валерій Товбич д.арх., проф., КНУБА, Київ

Борис Патон академік, президент НАН України

Віталій Плоский д.т.н., проф., КНУБА, Київ

Олександр Приходько д.ф.-м.н., проф. ДНУ
ім. О.Гончара, Дніпро

Ігор Ребезнюк д.т.н., проф., НЛТУ України, Львів

Андрій Тевяшев д.т.н., проф., ХНУРЕ, Харків

Віктор Тимохін д.арх., проф., КНУБА, Київ

Сергій Шатов д.т.н., проф., ПДАБА, Дніпро

Надія Шебек д.арх., проф., КНУБА, Київ

ВПЛИВ ВОДИ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Природничі науки
Математика та статистика
Інформаційні технології
Механічна та електрична інженерія
Автоматизація та приладобудування
Виробництво та технології
Архітектура та будівництво

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

Winfried Auzinger PhD, Ass.Prof., Vienna University
of Technology (Austria)

Vladislav Bogdanov PhD, Snr.Res.Ass., Serenidad
Consulting Pty, Sidney (Australia)

Goran Bryntse PhD, Ass.Prof., SERO, European
Renewable Energy Federation, Borlange (Sweden)

Carsten Drebenstedt Dr.hab., Prof., Technical University
Bergakademie, Freiberg (Germany)

Jiayou Wang PhD, Prof., Jiangsu University of Science
and Technology, Zhenjiang (China)

Andrzej Marczuk Dr. hab., Prof., University of Life
Science in Lublin (Poland)

Viktor Mashkov Dr.Tech.Sc., Prof., University J.Evange-
lista Purkyne in Usti-nad-Labem (Czech Republic)

Henryk Sobczuk Dr. hab., Prof., Kyiv office PAN
(Poland)

Журнал включено до Переліку наукових фахових
видань України відповідно до Наказу МОНУ
від 16.05.2016 р., № 515

Затверджено Вченою радою Київського національного
університету будівництва і архітектури
21 червня 2019 р., протокол № 24

Мови видання українська, російська, англійська

Зміст

Інформаційні технології

Victoria Kondratenko	3
On creation of the universal mathematical management decision making theory О создании универсальной математической теории принятия управленческих решений	

Механічна та електрична інженерія

Михаил Сукач	13
Модель щелевого резания грунта под геостатическим давлением Crevice cutting model under geostatic pressure	

Виробництво та технології

Leonid Dvorkin	26
Design of hydraulic concrete compositions design with use of experimental-statistic models Расчет составов гидротехнического бетона с использованием экспериментально-статистических моделей	
Oleksiy Priymachenko	39
Environmental Management Methods for Trunk Road Adjacent Urban Areas Методология управления экологическим состоянием примагистральных территорий	

Архітектура та будівництво

Nadiia Shebek, Oleksandr Olkhovets	47
Progressive Technologies in Design of Town Planning and Landscape Recreational Objects Made of Floating Modular Elements Прогрессивные технологии проектирования градостроительных и ландшафтно-рекреационных объектов с плавучих модульных элементов	
Голамали Каземи Лари	56
Градостроительные аспекты архитектурной организации инновационных парков Urban-planning aspects of the architectural organization of innovative parks	
Valery Tovbych, Halyna Kravchuk	76
The formation of modular structures through the prism of architecture in marine areas Формообразования модульных структур через призму архитектуры на морских акваториях	
Вказівки для авторів	83
Правила публікації Заява (форми 1 – 4) Угода (форма 5)	

On creation of the universal mathematical management decision making theory

Victoria Kondratenko

V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine
Glushkov avenue 40, Kyiv, Ukraine, 03187
science.and.life@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1577-6701

Received on 18.04.2019, accepted after revision for publication on 12.05.2019
<https://doi.org/10.31493/uwt1909.1201>

Abstract. A variety of approaches to the construction of theories of managerial decision-making causes great difficulties in constructing formal models of the dynamic processes under study, which necessitates the creation of a unified universal mathematical theory of managerial decision-making. The model of managerial decision making for dynamic systems of any nature proposed by the author uses the axiomatic modeling methodology created earlier, combining the axiomatic method and the concept of functional analysis in modeling and solving problems - one of the extremely effective tools for cognizing patterns in natural processes.

The aim of this work is to demonstrate the simplicity and capabilities of the proposed methodology for making managerial decisions on a specific example in the field of medicine. The truth (correctness, expediency) of making a managerial decision is proved by the exact mathematical method, which assumes a formal proof that does not depend on the will of a particular person. This circumstance, as well as the universality of the model, determines the relevance and originality of the proposed approach to solving managerial problems. The formal proof of the truth of the obtained solution by the Robinson method and the use of the author's universal stereotypical logical construction for proving theorems is the key to the maximum degree of confidence in the obtained solution.

Despite the verbal format for formulating axioms, the solution obtained is not approximate, not probabilistic, but mathematically accurate, which is extremely important for the practical application of mathematical theory. The format under consideration for formulating basic axioms and theorems



Victoria Kondratenko
Researcher of the Methods and technological construction tools of intellectual program systems Department
PhD, Ass. Prof.

requiring proof is convenient for human perception and reasoning. It is easily applicable in solving problems in any field of human activity by specialists of the most diverse subject areas of human activity. The prospectivity and cost-effectiveness of the proposed approach is especially relevant in solving extremely complex practical problems.

Keywords: axiomatic modeling, artificial intelligence, mathematical logic, thinking, formalization.

INTRODUCTION

Relevance of a subject. Decision theory, like any other scientific theory, performs both cognitive and predictive functions in relation to the observed natural or man-made phenomena.

The cognitive function [2] consists in the study and formal description of all physical variables and their parameters, which functionally fully and unambiguously characterize all the permissible states of the studied natural or man-made phenomena, as well as the laws of all interactions and relationships between

the mentioned state variables during their (phenomena) of normal life.

The predictive function, with the specified functionality of the cognitive function, is to enable:

- firstly, the automatic identification of scientifically based reasons for deviations in the dynamics of the observed phenomenon from normative indicators;

- secondly, the automatic formation of an algorithm to eliminate the identified causes that caused a violation of the normative course of the observed phenomenon.

Naturally, any decision theory with the mentioned functionality should be provided with a mathematical model [3] capable of covering this functionality.

The purpose of the study is to create the necessary logical-dialectical model for each theory of decision making, to consider the essence of its semantic content.

It is well known that the main goals of constructing theories of natural phenomena vital activity [4] are:

- visual format reflection, identified through field experimentation a list of physical variables revealed by field experimentation that is functionally complete and unambiguous, characterizing all the permissible states (static, stationary, and dynamic) of the natural phenomenon being studied during its life;

- relationships revealed by field experimentation and their laws between the variables characterizing each of the states in this phenomenon;

- established by natural experimentation of the natural laws of life of the investigated natural phenomena.

- replacement of full-scale experimentation with computational experimentation (in the volume of reflection of a functionally complete scenario of the cognizable physical or physiological phenomenon activity) based on the constructed theory concepts when predicting the evolution of the natural phenomenon under study [3].

If it is impossible to doubt the feasibility of achieving the first goal for an objective reason - no memory, the knowledge is simply not feasible [5, 6], then the feasibility of achieving

the second goal is far from obvious for the following reasons:

- both philosophers of science and natural scientists and mathematicians do not have convincing and incontrovertible, necessarily formally provable, logical statements that make it possible, in a purely theoretical way, without involving the results of a field experiment, to establish the truth [7]:

- as the scientific thinking itself, so the truth of the final “conjunction – conclusion” causal relationship as a whole with a functionally complete discussion with a logical consequence of the dialectic of the vital activity of the natural phenomenon under study.

Together they could attest to the fact of the correct, formal logical deduction of the conclusion from the premises under conditions of unknown truth of the meaning of the conclusion itself. And the fact of derivability itself would be a proof of the expediency of achieving the second goal.

But the philosophers of science are well aware of:

- That, firstly, any hypothetical theorizing as part of the natural phenomena activity theories is not only unacceptable, but also harmful [8].

- That, secondly, all the widely applicable in classical mathematics for the purpose of proving the truth of thinking with substantive proof of theorems, the five stereotyped tautologies, including the “modus ponens” tautology, are by definition incorrect [9].

- That, thirdly, to invent correct tautologies without the results of a full-scale experiment by definition is not possible, because of the secondary thinking with respect to matter.

- That, fourthly, matter and everything material is primary in relation to consciousness and thinking, and therefore, an exclusively natural experiment establishes the truth of even the most professional thinking.

It is for these reasons that philosophers of science do not recognize a purely theoretical substantive proof of theorems, without its confirmation by historical practice.

In order to free oneself from doubts on the validity of the philosophers of science position when cognizing new natural phenomena, it

suffices to recall the scientific definitions of cognitive scientists [10] assigned to such concepts as “higher mental functions”, their subset consisting of at least 22 elements, and called “intellectual functions”, and those that are part of the latter, such concepts as “consciousness” and “thinking”.

Higher mental functions (HMF)

Specific human mental processes, which are the processes of movement, manipulation, processing, protection, retrieval and destruction of information in neural networks of the central nervous system [4], which is associated with:

- knowledge of the human environment;
- development of tactics and strategies for safe human behavior in the environment;
- knowledge of natural and man-made phenomena of the universe;
- implementation of 22 intellectual functions;
- implementation of 9 gnostic functions;
- implementation of a single amnesic function;
- implementation of central nervous system management by all subsystems of the autonomic nervous system;
- and, possibly, with the implementation of many other functions that are still unknown to humanity.

Consciousness is the highest form of information reflection about the material environment of a person in the substrate of natural neural networks of the central nervous system (CNS) of this person.

Reflection is a combination of mental processes, which are internal information processes (movement, manipulation, processing, protection, retrieval and destruction of information), allowing a person to:

- navigate this environment, both in time and in space;
- evaluate personal role function in the environment;
- accumulate experience in the environment safe behavior;

- learn the laws of the life of the environment and plan personal behavior in the environment;

- accumulate knowledge about the natural laws of the development of the living environment, in order to continuously improve its well-being in the environment and to ensure its continuous progressive intellectual development, as a person, in the environment.

Thinking is the highest mental function [11, 12] (internal information process), consisting in an indirect, generalized and abstract reflection of the surrounding reality in its essential connections, properties and relationships.

In accordance with the functionality of any of the higher mental functions and, especially, based on the functionality of consciousness, thinking, imagination and recognition of familiar sensory images, as a stereotype of a figurative idea of HMF, as an internal information process one can offer a computer information system (CIS), provided by an associative search and a knowledge base filled with information blocks about natural and man-made phenomena that this particular person has ever met. CIS by all means provides viewing of the information block selected from the knowledge base in the mode declared by the owner of the central nervous system.

All the HMF characteristics presented just now do not in any way give us the reason to represent them as the processes of vital activity of a special kind of matter in the universe, even if this matter would possess the phenomenon of owning knowledge about the state of the matter which it characterizes.

On the contrary, all mental processes in consciousness are purely informational processes, awakening exclusively new informational processes in the central nervous system that control one or another association, one or another imagination, one or another process of thinking, or one or another CNS reflex reaction.

Coming back to the steadfastness of the philosophers of science in assessing the truth of the obtained new scientific knowledge, which (assessment) is based solely on a full-scale experiment, or historical practice with the matter under study, their assessment

should again and again be supported, since no indirect information (for example, from consciousness, or from any other HMF) about the state of the analyzed matter has the right to exist, as inaccurate information, in comparison with the analytical data on the state of this matter received directly from field experimentation with this matter [11].

In accordance with the above mentioned, the following adequate conclusions suggest themselves.

1. Theories are needed, but exclusively, as an ordered and systematized memory of natural laws and their integrity, which regulate and control the life of a known natural phenomenon. In these theories no hypothetical liberties are permissible, since they inevitably destroy the goals of computational experimentation without its confirmation by historical practice.

2. The evolution prognostication of natural phenomena under study on the basis of hypothetical theories and without the results of field experiments is not permissible – it can result in hard errors.

3. In accordance with the inevitability of full-scale experimentation in predicting the evolution of the phenomena under study, the creation of hypothetical theories designed to implement computational experimentation (in the volume of reflection of a functionally complete scenario of the life activity of a knowable physical or physiological phenomenon), it becomes an absolutely pointless activity, contrary to common sense and the accepted concept of proving the truth of the causal relationship “conjunction of premises - conclusion” based on the results of field experimentation.

The answer to the question at what stage should cognition be completed and, accordingly, the formation of the theory of vital activity of the phenomenon under study, can be formulated as follows - as soon as the answer to the last question of all the goals of cognition is received, provided that each answer is framed in the format of the corresponding theorem proof, formulated and proved with the help of the grammatical resources of the formal logic language of the first-order predicate serving the theory of automatic proof of theorems.

Why should the answers to questions of the cognition goals be necessarily drawn up in the format of the corresponding theorems proof [12,13], and why should the theorems be formulated and proved with the help of the grammatical resources of the formal logic language of first-order predicate serving the theory of automatic proof of theorems [14]?

The answers are utterly simple.

Firstly, for the proof of the truth of thinking with logical statements on any of the topics discussed, there simply does not exist any different format for reflecting the truth of the discussing parties, except for the format for proving theorems.

Secondly, formal evidence is unanimously recognized by all science philosophers as the only format for an objective judgment on the truth of this or that logical statement. This format exclusively provides not only the inheritance of previously obtained scientific knowledge, but also the strict, in the scientific sense, truth of target statements. It is this format that can ensure literacy and security from unreasonable hypotheses of managerial decisions made.

Third, modern science reasonably requires natural scientists to reflect the known natural laws of the life of all living things exclusively in a mathematical format [18, 20-22]. Since this format provides an aphoristic (when the meaning of one formula is equivalent to the meaning of a verbal text, reflected at least on 350 pages), the style of presentation of new scientific knowledge [11, 15, 16], and stimulates self-control of adequacy, correctness, reliability and truthfulness (if any formal theoretical proof) of new knowledge.

Fourth, the theory of automatic proof of theorems declares its own methodology for the proof of theorems, which has minimal laboriousness even using a “manual” proof of these theorems, in comparison with any substantial proof of theorems.

To conclude, let us give a description of the logical-dialectical model that provides the full requirements of any task on the topic of decision-making, which has been tested on hundreds of tasks [3] relating, of course, not only to the topic of decision-making. The need to

create such a model is formed by an almost century-old aggravating crisis of fundamental science.

By the logical-dialectic model (LDM) of the process of the investigated phenomenon (system) of living Nature functioning is meant [17]:

- a set of physical variables that functionally fully characterizes every dynamic state of this system (phenomenon) that is acceptable by Nature;

- all identified in the process of full-scale experimentation, logical relationships in the phenomenon, i.e. causal relationships and interactions between state variables, expressed exclusively with the help of logical operations, and uniquely identifying each of the observed states of a dynamic system (phenomenon);

- logical relationships between state variables that explore the truth in thinking about a particular phenomenon, and are reflected in a formulaic form;

- all dialectic relations between state variables revealed during the field experiment, reflecting:

- 1) the nature of the driving forces in the phenomenon, providing the current life of the observed phenomenon, under the conditions of unity and inconsistency, both in the behavioral essence of each elementary object in a phenomenon (considered in LMD as an operand, i.e. a state variable loaded with the meaning of an identifier of a certain physical quantity, accompanied by properties and characteristics of this quantity), and in essence relations between pairwise interacting elementary objects in this phenomenon;

- 2) the unity and inconsistency of the behavioral essence of each individual elementary object when it functions in a specific phenomenon, in a specific time and space;

- 3) unity and inconsistency of the essence of the relationship between pairwise interacting elementary objects in the phenomenon;

- 4) the progressive evolution of the observed phenomenon, in the presence of unity and inconsistency, both in the behavioral essence of each elementary object in this phenomenon, and in the essence of the relationship between

pairwise interacting elementary objects in this phenomenon;

- 5) the progressive evolution of the observed phenomenon in all the variety of its forms and in all its inconsistency;

- 6) as well as the dialectic relations between state variables in the phenomenon under study are also reflected in the formula form.

The concept of “the nature of the driving forces” provides, first of all, the answer to the question: why is the observed natural phenomenon carried out just like this, and not differently?

EXAMPLE

Diagnosis and treatment of the pathology of myocardial infarction [23].

Symptoms, in aggregate, anticipating a person about the occurrence of myocardial infarction:

The pain in the back thorax is so intense that it practically “paralyzes” the patient’s will. There is a feeling of impending death. This thorax pain does not disappear after the cessation of physical activity and often spreads (irradiates) to the shoulder and arm (more often to the left), neck, and jaw. Pain may be either constant or intermittent. In time to understand what happened, and immediately call an ambulance (the best way - specialized cardiologist one) and take all possible actions in the current situation, means to increase your chance of staying alive not only in the coming minutes, hours and days, but also months, years.

Except for back thorax pain, myocardial infarction can be characterized by the following symptoms and signs:

- Frequent shallow breathing
- Rapid irregular heartbeat
- Rapid and weak pulse on the limbs
- Fainting (syncope) or loss of consciousness
- Feeling of weakness, may be very apparent
- Profuse, sticky, cold sweating
- Nausea and even vomiting
- Pale skin

Despite the fact that these symptoms and signs allow in most cases to recognize myocardial infarction on time, each of them and even their combinations can also be found in other diseases. But since a heart attack is a life-threatening condition, it is better to play it safe and immediately seek emergency medical care than to regret (you or your relatives) about the forever lost opportunity to avoid fatal consequences. Prior to the arrival of emergency care, you should try to help yourself by putting an ordinary (500 mg) aspirin tablet under your tongue. You can use nitroglycerin, but only if you are sure that blood pressure is not reduced. When the ambulance arrives, the remaining aspirin tablets should be washed off with a glass of water.

Medical practice shows that, unfortunately, in almost 25% of patients, myocardial infarction can be asymptomatic, the so-called "mute ischemia", or "mute heart attack." But the absence of symptoms, alas, does not exclude damage to the heart muscle. And since there is no "alarm", the patient remains unaware of the developing catastrophe, which negatively affects the prognosis for his life.

Diagnostic tests carried out in the cardiac rehabilitation department:

- ECG, ECHO KG
- Ergospirometry with physical activity (the presence of diseases of the cardiovascular system, the level of physical performance, optimal training modes are determined)
- Laser flowmetry (the state of microcirculation in any area of the skin is determined)
 - Transdermal O₂ and CO₂ percentage determination in the blood
 - Complete biochemical blood test (27 indicators)
 - Computer research methods:
 1. hemodynamic study (APS) with the definition of 22 parameters, including stroke volume, vessel diameter, vascular wall elasticity, vascular resistance.
 2. the state of the heart study (Cardiovisor) allows you to quickly assess the condition of the myocardium with the preparation of its color portrait, heart rate and the body's ability

to regulate it, the state of the autonomic nervous system

3. Allergy testing and determination of the entire spectrum of harmful loads on the body (chemical, pharmacological, geopathogenic, metabolic, etc.) in a non-invasive bioresonance way on the German MORA hardware-software complex.

The main heart diseases: angina pectoris, coronary heart disease (CHD), heart attack, chronic heart failure (CHF). With all these diseases, the muscle cells of the heart lack nutrition for the work that they must constantly do.

The goal of treatment in a hospital with a heart attack is to restore blood flow in a clotted vessel.

Urgent therapeutic measures are aimed at expanding the lumen of a clogged blood vessel and the maximum possible rescue of fibers and cells of the heart muscle. This is the essence of the treatment.

The main medical intervention for treating an acute heart attack is the dissolution of a blood clot (thrombolysis), which is carried out with the help of intravenous drugs. If these drugs begin to enter the body during the first hours after the heart attack onset of signs, they are able to restore passability of the clogged vessel. But the more time passes, the faster the effectiveness of these drugs decreases. Cardiologists determine the first hour since the heart attack development as "Golden Hour", when the effectiveness of treatment is maximum.

Now let's turn to the universal mathematical theory of managerial decision making proposed by the author, in order to reflect the process of diagnosis and treatment of the pathology of myocardial infarction in a mathematical format. To demonstrate the enormous advantages of this format, since it allows not only to verify the truth of thinking with a logical consequence on the topic under study, but also ensures the derivability of the conclusion of the theorem from its premises based on the data obtained in the experiment.

The formation of a mathematical model of the diagnostic process and treatment of myocardial infarction.

The symptoms, in aggregate, warning a person about the occurrence of a pathology of myocardial infarction, may be called axioms for diagnosing this disease, and we will assign each of the axioms an identifier in the format of mathematical formalism.

Axiom a1: “Intense, contrasting pain behind the sternum irradiating to the shoulder and arm (more often to the left), neck, jaw” we assign the identifier p1(X), in which p1 carries the semantic load reflected in quotation marks, and X – is a unique identifier for the patient.

Axiom a2: “Frequent shallow breathing” we assign the identifier p2(X).

Axiom a4: “Rapid and weak pulse on the extremities” we assign the identifier p4(X).

Axiom a5: “Fainting (syncope) or loss of consciousness” we assign the identifier p5(X).

Axiom a6: “The feeling of weakness can be very pronounced” we assign the identifier p6(X).

Axiom a7: “Profuse, sticky cold sweat” we assign the identifier p7(X).

Axiom a8: “Nausea and even vomiting” we assign the identifier p8(X).

Axiom a9: “Pallor of the skin of the face” we assign the identifier p9(X).

Diagnostic tests carried out in the cardiac rehabilitation department.

Axiom a10: “ECG and ECHO CG confirms that the patient has myocardial infarction (MI)”, the identifier p10(X).

Axiom a11: “Ergospirometry with physical activity confirms that the patient has myocardial infarction (MI)”, the identifier p11(X).

Axiom a12: “Laser flowmetry confirms that the patient has MI, the identifier p12(X).

Axiom a13: “A transdermal O₂ and CO₂ percentage determination in the blood confirms the presence of MI in the patient”, the identifier p13(X).

Axiom a14: “A complete biochemical blood test (27 indicators) confirms the patient’s MI”, the identifier p14(X).

Axiom a15: “The study of hemodynamics (APS) with the definition of 22 parameters, including impact volume, vessel diameter, vascular wall elasticity, vascular resistance,

confirms the patient’s presence of MI”, the identifier p15(X).

Axiom a16: “The state of the heart study (Cardiovisor) with an assessment of the myocardial state confirms the patient’s MI”, the identifier p16(X).

Axiom a17: “Allergotestration and determination of the entire spectrum of harmful loads on the body by a non-invasive bioresonance method (MORA) confirms the patient’s MI”, the identifier p17(X).

Prescribing treatment based on diagnostic data.

Axiom a18: “The goal of treatment in a hospital with myocardial infarction is to restore blood flow in a thrombus-clogged vessel that nourishes the myocardium, and to save the fibers and cells of the myocardium as much as possible”, the identifier p18(X).

Axiom a19: “The main medical intervention in the treatment of an acute heart attack is the thrombus (thrombolysis) dissolution, which is carried out using intravenous drugs. If these drugs begin to enter the body during the first hours after the onset of heart attack signs, they are able to restore patency of the clogged vessel. But the more time passes, the faster the effectiveness of these drugs decreases, the identifier p19(X).

Axiom a20: “Being late with medical heart attack treatment for three hours after the onset of the attack makes the use of thrombolytic drugs practically meaningless”, the identifier p20(X).

Axiom a21: “Axioms No. 1 – No. 20 together provide the correct diagnosis and the appointment of the correct method for treating myocardial infarction disease”, the identifier p21(X).

Based on axioms No. 1 – No. 21, let us write the logical-dialectic model of myocardial infarction diagnosis and treatment.

$$(\forall X)((p1(X) \wedge p2(X) \wedge p3(X) \wedge p4(X) \wedge p5(X) \wedge p6(X) \wedge p7(X) \wedge p8(X) \wedge p9(X) \wedge p10(X) \wedge p11(X) \wedge p12(X) \wedge p13(X) \wedge p14(X) \wedge p15(X) \wedge p16(X) \wedge p17(X) \wedge p18(X) \wedge p19(X) \wedge p20(X)) \Rightarrow p21(X)) \Rightarrow (\exists X)((p1(X) \wedge p2(X) \wedge p3(X) \wedge p4(X) \wedge$$

$$p5(X) \wedge p6(X) \wedge p7(X) \wedge p8(X) \wedge p9(X) \wedge p10(X) \wedge p11(X) \wedge p12(X) \wedge p13(X) \wedge p14(X) \wedge p15(X) \wedge p16(X) \wedge p17(X) \wedge p18(X) \wedge p19(X) \wedge p20(X) \Rightarrow p21(X) \quad (1)$$

If in the formula [1] the expression:

$$(p1(X) \wedge p2(X) \wedge p3(X) \wedge p4(X) \wedge p5(X) \wedge p6(X) \wedge p7(X) \wedge p8(X) \wedge p9(X) \wedge p10(X) \wedge p11(X) \wedge p12(X) \wedge p13(X) \wedge p14(X) \wedge p15(X) \wedge p16(X) \wedge p17(X) \wedge p18(X) \wedge p19(X) \wedge p20(X))$$

is replaced by the formula $F1(X)$, then the formula [1] will take the following form:

$$(\forall X)(F1(X) \Rightarrow p21(X)) \Rightarrow \Rightarrow (\exists X)(F1(X) \Rightarrow p21(X)). \quad (2)$$

The theory of automatic theorem proving [14], in order to reduce formulas to the canonical format containing only axioms and three logical operations (conjunction, disjunction and negation), 27 formal rules are defined and proven, which describe equivalent transformation of formulas of first order predicate logic.

Two of them look as follows:

$$(F1(X) \Rightarrow F2(X)) \equiv (\neg F1(X) \vee F2(X))$$

$$(F1(X) \Rightarrow F2(X)) \equiv (F1(X) \wedge \neg F2(X))$$

One of the rules determines

$$\neg \exists \equiv \forall.$$

One prescribes freeing the formula of all generality quantifiers if it doesn't contain any other quantifiers.

If one used four of these last rules, formula (2) on the first step becomes

$$(\forall X)(\neg F1(X) \vee p21(X)) \Rightarrow \Rightarrow (\exists X)(\neg F1(X) \vee p21(X)). \quad (3)$$

And in the next step (3) is converted to:

$$(\neg F1(X) \vee p21(X)) \wedge$$

$$\neg(\neg F1(X) \vee p21(X)). \quad (4)$$

Formula (4) represents conjunction of only two contrary components.

That demonstrates its discrepancy, but also demonstrates the validity of the theorem in general as the methodology of the automatic proof of theorems is based on a conclusion of discrepancy of a formula of the theorem in general.

Therefore, the theorem is successfully proved.

CONCLUSION

The proposed universal mathematical model for making managerial decisions based on the methodology used in medical practice for diagnosing and treating certain pathologies of the human body allows us to reflect this methodology in a mathematical format, providing the possibility of proving the feasibility and effectiveness of the treatment of the analyzed pathology. The axiom base is formed by experimenting directly with patients suffering from the analyzed pathology. The mathematical apparatus for making a managerial decision will ensure the maximum compactness of the formulation of the problem and its solution, unambiguity, and guaranteed accuracy of the solution itself, the heritability of the knowledge gained in the studied subject area and other areas of knowledge that affect the solution of the set managerial problem, as well as the very possibility of solving a complex and extremely complex problem.

REFERENCES

1. **Lyalkina G.B., 2012.** Mathematical foundations of decision theory. Ed. V.A. Trefilova. Guidance. Perm, Perm Publishing House. Polytechnic University, 118 (in Russian).
2. **Kondratenko V.A., 2014.** A living matter in an image of formal models (From physiological heredity to intelligence with its assets). The collection of articles of the author, Kiev, Scientific publication of LLC, Yunik Print, 186 (in Russian).

3. **Kondratenko V.A., 2010.** Creation of a uniform stereotype of a logical design of thinking for the substantial and formal proof of theorems. Kiev Scientific publication of Alephof, 267 (in Russian).
4. **Anokhin P.K., 1998.** Chosen works. Cybernetics of functional systems. Moscow, Medicine, 400 (in Russian).
5. **Agadzhanian N.A. Tel L.Z., Tsirkin V.I., Chesnokova S.A., 2003.** Human physiology. (The textbook for medical higher education institutions), under the editorship of the academician of the Russian Academy of Medical Science Agadzhanian and professor N.A. Tsirkin, the Medical book, N. Novgorod, NGMA Publishing house, 408 (in Russian).
6. **Kondratenko V.A., 2016.** Creation of formal model of standard dialectic logic of automatic control of the a human body anatomic functional systems. The 5th International scientific and technical conference Information Systems and Technologies Kharkiv-Koblevo IST-2016 (on September 12-17, 2016), 8-9 (in Russian).
7. **Kondratenko V.A., 2016.** Dialectic logic of management of the autonomic nervous system of the person. Computer mathematic, No.1, 125-133 (in Russian).
8. **Kondratenko V.A., 2017.** Artificial intelligence. A plan and realities of the current time against the background of natural intelligence of the person. Kiev, Scientific publication Zadruga, 84 (in Russian).
9. **Kondratenko V.A., 2015.** Paradoxes of science of the twentieth century. The twenty first century – dialectic logic against mysticism, Kyiv, Scientific publication Zadruga, 200 (in Russian).
10. **Kondratenko V.A., 2016.** Mathematical models of physiological processes of metabolism, reflex and intellectual activity head vegetable pulp of the person. Kiev, Scientific publication Zadruga, 128 (in Russian).
11. **Kondratenko V.A., 2018.** Formal logical-dialectical models of higher mental functions of a person, as the basis of creative scientific thinking. X International Symposium “Actual Problems of Biophysical Medicine”, Kyiv Material of the International Symposium 16-18 May 2018, 30 (in Russian).
12. **Chen Ch., Li R., 1983.** Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving. Chapter 5. Method of resolutions, Mathematical logic and automatic proof of theorem. Academic Press, Moscow, Science, 358 (in Russian).
13. **Guts A.K. Chapter, 2003.** Method of resolutions, Mathematical logic and theory of algorithms. Omsk, Heritage. Dialogue Siberia, 108 (in Russian).
14. **Nilsson N.J., 1982.** Principles of artificial intelligence. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 476.
15. **Mendelssohn E., 1984.** Introduction to mathematical logic, Moscow, Nauka, 320 (in Russian).
16. **Russell S., Norvig P., 2009.** Artificial intelligence: a modern approach, 3rd ed. Prentice Hall, 1152.
17. **Turing A., 1950.** Computing Machinery and Intelligence. Mind, Vol. 59, No.236, 433-460.
18. **Vladislav Bogdanov, 2017.** Impact of a hard cylinder with flat surface on the elastic layer. Underwater Technologies, Vol.05, 8-15.
19. **Kondratenko VA, 2011.** Quantum physics without the geometrization of physical models of the universe, a priori free of hypothetical and incorrect formalisms. Kiev: Scientific publication "Aleph", 107 (in Russian).
20. **Petro Kulikov, Mykhailo Sukach, 2015.** About readiness of Ukraine to mastering minerals of world ocean. Underwater Technologies, Vol.02, 3-10 (in Russian).
21. **Nikolay Zhuk, Myron Nazarian, Yury Stelmakhov, 2015.** Great Silk Road: modern problems of reconstruction. Underwater Technologies, Vol.01, 59-64 (in Russian).
22. **Andrey Tevyashev, 2018.** Information and analytical technology for optimal management of sustainable development and functioning of water supply systems. New horizon of underwater explorations. Underwater Technologies, Vol. 08, 47-49 (in Russian).
23. **Kobylyanu G.N., Grischenkov E.N., Kuznetsov V.I., Mansur T.I., 2017.** Emergency cardiological care in general medical practice: a training manual. RUDN, 77 (in Russian).

О создании универсальной математической теории принятия управленческих решений

Виктория Кондратенко

Аннотация. Разнообразие подходов к построению теорий принятия управленческих решений вызывает большие трудности при построении формальных моделей исследуемых динамических процессов, что обуславливает необходимость создания единой универсальной математической теории принятия управленче-

ских решений. Предлагаемая автором модель принятия управленческих решений для динамических систем любой природы использует созданную ею ранее методологию аксиоматического моделирования, совмещающую в себе аксиоматический метод и концепцию функционального анализа при моделировании и решении проблемных задач – один из чрезвычайно эффективных инструментов познания закономерностей в природных процессах.

Целью настоящей работы является демонстрация простоты и возможностей предлагаемой методологии принятия управленческого решения на конкретном примере в области медицины. Истинность (корректность, целесообразность) принятия управленческого решения доказывается точным математическим методом, предполагающим формальное, не зависящее от воли того или иного конкретного человека, доказательство. Это обстоятельство так же, как и универсальность модели, определяют актуальность и оригинальность предлагаемого подхода к решению управленческих задач. Формальное доказательство истинности полу-

ченного решения методом Робинсона и использование авторской универсальной стереотипной логической конструкции для доказательства теорем является залогом максимальной степени доверия к полученному решению.

Несмотря на вербальный формат формулирования аксиом, полученное решение является не приближенным, не вероятностным, а математически точным, что чрезвычайно важно для практического применения математической теории. Рассматриваемый формат формулирования базовых аксиом и теорем, требующих доказательства, удобен для восприятия и рассуждений человека. Он легко применим при решении задач в любой сфере деятельности людей специалистами самых разнообразных предметных областей деятельности человека. Перспективность и затратная экономичность предлагаемого подхода особенно актуальна при решении сверхсложных практических задач.

Ключевые слова: аксиоматическое моделирование, искусственный интеллект, математическая логика, мышление, формализация.

Модель щелевого резания грунта под геостатическим давлением

Михаил Сукач

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский проспект 31, Киев, Украина, 03680
msukach@ua.fm, orcid.org/0000-0003-0485-4073

Получено 05.05.2018, принято после просмотра 09.06.2018
<https://doi.org/10.31493/uwt1909.1301>

Аннотация. Для создания грунтовых противодиффузионных экранов необходимо обеспечить устройство горизонтальной щели достаточно больших размеров массиве грунта. Использование тяговых рабочих органов типа бульдозерного отвала требует оценки давления грунта на нож и силовых характеристик рабочего процесса. Величина давления влияет на деформируемость грунта в зоне рабочего органа, изменение пористости среды, условия образования и устойчивости сводов, отвод грунта в боковые технологические прорезы и т.п. Задача усложняется отсутствием визуального контроля щелевого резания на глубине и управляемости процессом.

В настоящей статье получена аналитическая модель давления грунта на лобовую поверхность прямого острого ножа при щелевом резании. Определены силы, действующие на нож, установленный под углом к траектории его движения, а также установлены зависимости силы резания от изменения пористости и размеров зоны деформации грунта при отсутствии его бокового выпора.

По предварительным оценкам расчетные значения этих параметров совпадают с экспериментальными данными известных ученых для площадки износа ножа, что позволяет в дальнейшем оценить тяговое сопротивление проходческой машины, управлять процессами сводообразования и отвода грунта по сторонам рабочего органа.

Ключевые слова: щелевое резание, бульдозерный отвал, геостатическое давление, деформация грунта, боковой выпор.



Михаил Сукач
профессор кафедры
строительных машин
д.т.н., проф.

ДАВЛЕНИЕ ГРУНТА НА НОЖ ПРИ ЩЕЛЕВОМ РЕЗАНИИ

Рассмотрим квазистационарный процесс резания грунта прямым широким плоским ножом типа бульдозерного отвала [6, 7, 12]. Скорость ножа незначительна (порядка нескольких см/с) и в модели не учитывается. Резание происходит в массиве грунта на глубине, превышающей критическую глубину резания. Угол резания не более 10...15°. Отвод грунта в боковые стороны отсутствует [1, 5, 9].

Основные свойства грунта, влияющие на процесс: сцепление, углы внутреннего и внешнего трения, плотность и пористость среды (до и после нагружения), плотность скелета грунта.

Используем прежде всего зависимость давления от изменения пористости грунта, как основной причины деформации [4; С.130]:

$$-a = \frac{\Delta\omega}{\Delta\sigma}, \quad (1)$$

где a – коэффициент уплотнения; ω – коэффициент пористости; σ – давление; $\Delta\omega$, $\Delta\sigma$ – соответственно их изменения.

Для указанных выше коэффициентов справедливы равенства [2, 13]

$$1 + \omega = \frac{V}{V_{кр}} = \frac{m/\rho}{m/\rho_{кр}} = \frac{\rho_{кр}}{\rho}, \quad (2)$$

где V – объем элемента грунта массой m ; $V_{кр}$ – объем его твердой фазы; ρ – плотность элемента грунта; $\rho_{кр}$ – плотность его твердой фазы.

Плотность грунта ρ является функцией расстояния от поверхности среза и изменяется по показательному закону [15, С.51]. В наших координатах и обозначениях (Рис.1) это будет

$$\rho = \rho_0 e^{kz}, \quad (3)$$

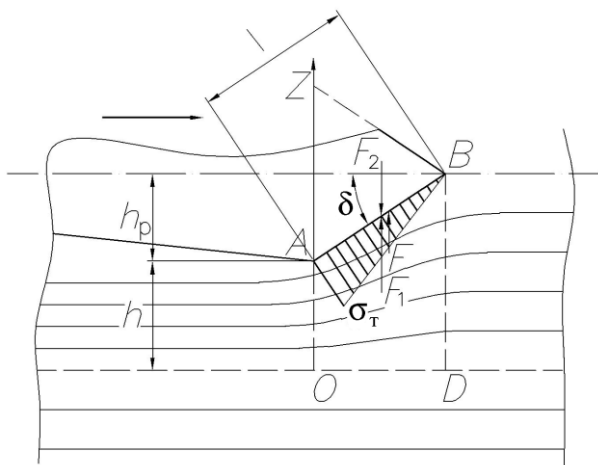


Рис.1. Расчетная схема щелевого резания грунта острым ножом: AB – профиль ножа; l – длина ножа; δ – угол резания; h_p – толщина среза; h – толщина уплотненной части грунта; σ_T – максимальное давление на нож (в точке A)

Fig. 1. The design scheme of slot cutting of soil with a sharp knife: AB – knife profile; l – is the length of the knife; h_p – cutting angle; h_p is the thickness of the slice; h – is the thickness of the compacted part of the soil; σ_T – maximum pressure on the knife (at point A)

где ρ_0 – плотность грунта в естественном залегании; k – параметр, зависящий от конструкции рабочего органа, свойств грунта и характера резания.

Применяя закон сохранения вещества в состоянии до и после уплотнения, можно написать равенство

$$\begin{aligned} \sigma_0(h + h_0) &= \int_0^h \rho dz = \int_0^h \rho_0 e^{kz} dz = \\ &= \rho_0 \cdot \frac{e^{kh} - 1}{k} \approx \rho_0 \left(h + \frac{kh^2}{2} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Последнее равенство в формуле (4) приближено, что следует из разложения e^{kh} в ряд. Используя последовательности равенств (4), получаем

$$h_p = \frac{kh^2}{2}; \quad h = \frac{2h_p}{u}, \quad (5)$$

где $u = kh$ – основной безразмерный параметр, подлежащий определению.

Из формулы (5) следует, что очень часто $u < 0,5$ и ошибки равенств (5) не превышают 20%.

При значении параметра u порядка 0,1 (как в рассмотренном в конце этой работы приложении) ошибки $\beta < 5\%$ (это математические ошибки приближенного равенства (4)).

Напишем ряд следствий, полученных из формул (1), (2), (3):

$$\sigma = \sigma_0 - \frac{1}{a} \Delta\omega; \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Delta\omega &= \frac{\rho_{кр}}{\rho} - \frac{\rho_{кр}}{\rho_0} = -\frac{\rho_{кр}}{\rho_0} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) = \\ &= -(1 + \omega_0) (1 - e^{-kz}) \approx -(1 + \omega_0) kz \end{aligned} \quad (7)$$

где ω_0 , σ_0 – соответственно пористость грунта и геостатическое давление в естественном залегании. Ошибка последнего приближенного равенства даже на треть меньше ошибки предыдущего аналогично-

го равенства, так как ряд для e^{-kz} знакопеременный. При $z = k$ будет $kz = u$; $\sigma = \sigma_T$, поэтому равенство (6) можно представить в виде

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{(1 + \omega_0)}{a} u. \quad (8)$$

В то же время при переменной z аналог формулы (8) будет

$$\sigma(z) = \sigma_0 + \frac{(1 + \omega_0)}{a} kz. \quad (9)$$

Вычислим по закону Кулона-Мора касательную силу F , действующую в сечении вдоль линии OA , по которой происходит вертикальный сдвиг, приводящий к сбросу напряжения, накопившегося при уплотнении (силу F вычисляем для поверхности слоя грунта единичной толщины):

$$\begin{aligned} F &= \int_0^h \tau(\sigma) dz = \int_0^h \left(C + \sigma_0 \operatorname{tg} \theta + \operatorname{tg} \theta \cdot \frac{(1 + \omega_0)}{a} kz \right) dz = \\ &= (C + \sigma_0 \operatorname{tg} \theta) h + \operatorname{tg} \theta \frac{(1 + \omega_0)}{a} k \frac{h^2}{2} \approx \\ &\approx h \left(C + \operatorname{tg} \theta \frac{\omega_0 + 1}{a} \frac{u}{2} \right), \quad (10) \end{aligned}$$

где C – сцепление в грунте; θ – угол внутреннего трения; $\sigma(z)$ – давление из формулы (9). В последнем приближении формулы (10) величина σ_0 исключена, как незначительная в общей сумме $\sigma(z)$ [11].

С другой стороны, величина F равнодействующая вертикальных составляющих других сил, действующих на рассматриваемый уплотненный слой грунта, расположенный под участком ножа AB . Сечение этого слоя единичной толщины показано на Рис.1 в виде четырехугольника $OABD$ (вид сбоку).

Во-первых, это вертикальная составляющая сил давления грунта

$$F_1 = \sigma_{cp} l \cos \delta = \frac{\sigma_T}{2} l \cos \delta, \quad (11)$$

где $\sigma_{cp} = \sigma_T/2$ – среднее давление вдоль линии AB .

В первом приближении зависимость этого давления вдоль AB линейна [3, С.176, Рис.95].

Во-вторых, это вертикальная составляющая сил трения по лобовой поверхности ножа

$$F_2 = \sigma_{cp} \operatorname{tg} \mu \cdot l \sin \delta = \frac{\sigma_T}{2} \operatorname{tg} \mu \cdot l \sin \delta, \quad (12)$$

где μ – угол внешнего трения грунта по железу.

Подставим в равенство $F = F_1 - F_2$, соответствующие значения из формул (10)...(12), пренебрегая, как указывалось выше, значением σ_0 (знак "-" соответствует разнонаправленности сил F_1 и F_2)

$$\begin{aligned} h \left(C + \operatorname{tg} \theta \frac{\omega_0 + 1}{a} \cdot \frac{u}{2} \right) &= \\ &= \frac{\sigma_T}{2} (l \cos \delta - \operatorname{tg} \mu \cdot l \sin \delta) \quad (13) \end{aligned}$$

Подставим значение h из формулы (5) и σ_T из (8) в равенство (13), опуская σ_0 ,

$$\begin{aligned} \frac{2h_H}{u} \left(C + \operatorname{tg} \theta \frac{\omega_0 + 1}{a} \cdot \frac{u}{2} \right) &= \\ &= \frac{(1 + \omega_0)}{2a} ul \cos \delta (1 - \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta) \quad (14) \end{aligned}$$

Разделив равенство (14) на $l \cos \delta$ и изменив $\frac{h_H}{l \cos \delta}$ на $\operatorname{tg} \delta$, получим

$$\begin{aligned} \frac{2 \operatorname{tg} \delta}{u} \left(C + \operatorname{tg} \theta \frac{\omega_0 + 1}{a} \cdot \frac{u}{2} \right) &= \\ &= \frac{(1 + \omega_0)}{2a} u (1 - \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta). \quad (15) \end{aligned}$$

Теперь помножим (15) на u и поделим на $\frac{(1 + \omega_0)}{2a} u (1 - \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta)$:

$$\frac{4\text{tg}\delta \cdot aC}{(1 + \omega_0)(1 - \text{tg}\mu\text{tg}\delta)} + \frac{2\text{tg}\theta\text{tg}\delta \cdot u}{1 - \text{tg}\mu\text{tg}\delta} = u^2. \quad (16)$$

В результате получим квадратное уравнение, из которого можно найти u ,

$$u^2 = Bu + A, \quad (17)$$

где

$$B = \frac{2\text{tg}\theta\text{tg}\delta}{1 - \text{tg}\mu\text{tg}\delta}, \quad A = \frac{4\text{tg}\delta}{1 - \text{tg}\mu\text{tg}\delta} \frac{aC}{1 + \omega_0}. \quad (18)$$

Итак, максимальное давление на поверхности ножа σ_T (в точке A) можно найти по формуле (8), подставив в нее единственный положительный корень квадратного уравнения (16).

Проверим результат по экспериментальным данным, взятым из известных источников [3, 15].

Опытные показатели давления грунта вдоль ножа (для площадки износа) [15, С.176, Рис.95], согласно работе Алипова Г.И. при исследовании резания суглинков и глин опытным ножом с динамометрической тележкой (Рис.2).

Угол $\delta = 7^\circ$; значение угла внутреннего трения θ и сцепления C возьмем промежуточными из приведенных Ветровым [3, С.191, 193]: $C = 1,0 \text{ даН/см}^2$, $\theta = 16^\circ$, $\mu = 8^\circ$ (значения угла внешнего трения μ при таких σ и θ в широких пределах, как видно из формулы (17), на результате не

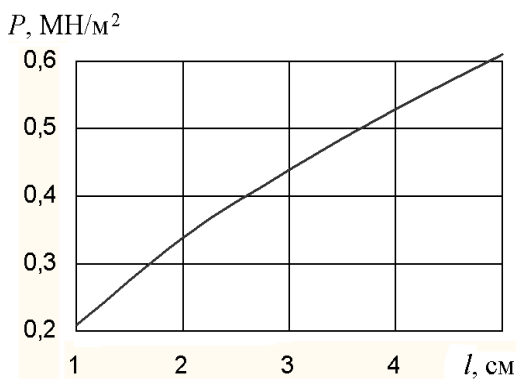


Рис.2. Эюра давления на площадке износа ножа (данные Г.И. Алипова)
Fig. 2. Pressure chart on knife wear surface (data by G.I. Alipov)

скажутся). Значение величины a находим из Табл.7 работы [15, С.50]:

$$a = -\frac{\Delta\omega}{\Delta\sigma} \left(\text{в обозначениях источника} - \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\rho} \right);$$

$$a \approx \frac{0,015}{0,5} = 0,03 \text{ см}^2/\text{кг}.$$

Для нашего грунта пористость $\omega_0 \approx 0,6$ [15; С.49, Рис.13].

Вычисляем коэффициенты A и B по формулам (17, 18)

$$A = \frac{4\text{tg}7^\circ}{1 - \text{tg}8^\circ\text{tg}7^\circ} \cdot 0,03 \text{ см}^2/\text{кг} \cdot 1 \text{ кг}/\text{см}^2 \approx$$

$$\approx \frac{4 \cdot 0,12 \cdot 0,03}{0,99 \cdot 1,6} \approx 0,009;$$

$$B = \frac{2 \cdot \text{tg}16^\circ\text{tg}7^\circ}{1 - \text{tg}8^\circ\text{tg}7^\circ} \approx \frac{2 \cdot 0,27 \cdot 0,12}{0,99} \approx 0,064.$$

Находим корень квадратного уравнения (17)

$$u = \frac{B}{2} + \sqrt{\frac{B^2}{4} + A} \approx$$

$$\approx 0,032 + \sqrt{0,001 + 0,009} \approx 0,13.$$

По формуле (8) найдем значение максимального давления σ_T

$$\sigma_T \approx \frac{1,6}{0,03} \cdot 0,13 \text{ кг}/\text{см}^2 \approx$$

$$\approx 6,9 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{ Н}/\text{м}^2 = 0,67 \text{ МН}/\text{м}^2$$

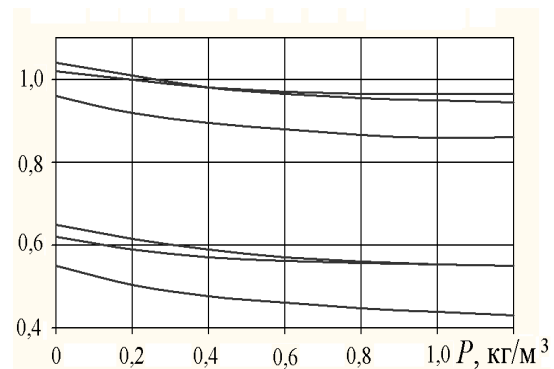


Рис.3. Компрессионные зависимости для суглинка
Fig. 3. Compression dependences for loam

или в пределах непрерывностей 0,57...0,77 МН/м².

Значения σ_T , найденные экспериментально Г.И.Алиповым, составляют в среднем 0,6 МН/м² и в соответствии с линейной регрессией имеют такой же разброс значений.

Решая квадратное уравнение (17) и подставляя его в равенство (8), получим значение **максимального давления грунта** на поверхность ножа в общем виде

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{\omega_0 + 1}{a} \left[\frac{\text{tg}\theta\text{tg}\delta}{1 - \text{tg}\theta\text{tg}\delta} + \sqrt{\frac{\text{tg}^2\theta\text{tg}^2\delta}{(1 - \text{tg}\theta\text{tg}\delta)^2} + \frac{4\text{tg}\delta a C}{(1 - \text{tg}\theta\text{tg}\delta)(1 + \omega_0)}} \right]. \quad (19)$$

Если первое слагаемое под корнем не превышает 20 % от величины второго (как в рассмотренном случае), то с ошибкой $\beta \leq 10\%$ можно использовать упрощенную формулу

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{\omega_0 + 1}{a} \cdot \frac{\text{tg}\theta\text{tg}\delta}{1 - \text{tg}\theta\text{tg}\delta} + 2\sqrt{\frac{\omega_0 + 1}{a} \cdot \frac{\text{tg}\delta \cdot C}{1 - \text{tg}\theta\text{tg}\delta}}. \quad (20)$$

Замечание 1. Пористость грунта ω_0 в формулах (19), (20) в ряде случаев полезно занижать (в пределах 10 %) для сохранения принятой в нашей модели линейности компрессионной кривой $\omega = \omega(\sigma)$ (Рис. 3), взятой из [15; С.49],

Замечание 2. При значении параметра $u \geq 0,5$ ошибка вычисления максимального давления на ноже σ_T от замены экспоненты e^u ее приближениями может превышать 20 %. В рассмотренном же примере эта ошибка – порядка 6 %.

Итак, мы определили максимальное давление грунта, возникающее на лобовой поверхности прямого плоского острого но-

жа при щелевом резании. Аналитическая модель может быть использована для оценки состояния грунта при устройстве горизонтальных щелей и противофильтрационных экранов.

Величины давления σ_T , вычисленные по формулам (19) и (20) для суглинков, практически полностью совпадают с экспериментальными значениями, полученными Ю.А.Ветровым, Г.И.Алиповым и другими авторами для площадки износа ножа в аналогичных условиях и имеют такой же разброс значений.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЮ НОЖА

Изучим теперь процесс резания грунта на глубине массива, где поверхностные эффекты не проявляются. Считаем, что скорость ножа невелика, а угол резания достаточно мал (порядка 10...15°). Рассматриваем условие «закрытого» резания, когда поток грунта ограничен с боков в плане. Поэтому грунт деформируется лобовой поверхностью ножа только в вертикальном направлении.

Считаем, что процесс косоугольного резания происходит при отсутствии жесткого ядра уплотнения и нежесткого выпора грунта перед ножом. Прямая AA^I на Рис.4 перпендикулярна плоскости резания грунта ABC ; плоскости $AA^I B$ и $A^II A^III B^II$ параллельны (это поверхности скольжения грунта); δ – угол резания грунта; γ – угол резания в плане.

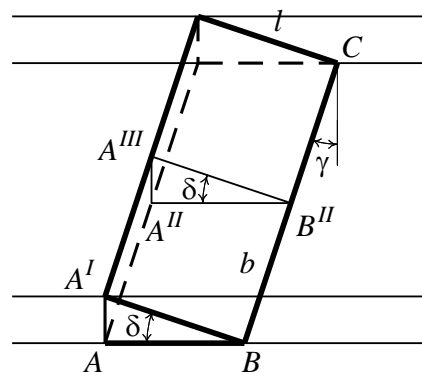


Рис.4. Нож, установленный под углом к траектории движения
Fig. 4. Knife mounted at an angle to the trajectory of movement

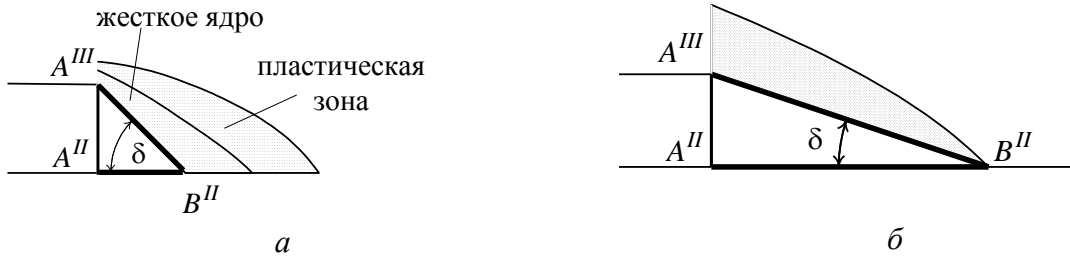


Рис.5. Деформирование грунта перед ножом
Fig. 5. Deformation of the soil in front of the knife

Постановка задачи

Из литературы [3, С.53, 58] известно, что при $\delta \leq 20^\circ \dots 30^\circ$ жесткое или нежесткое («чулок») ядро выпора отсутствует. На Рис.5, а показан нож с ядром уплотнения (выпором, наростом) и пластической зоной деформирования грунта («чулком»); на Рис.5, б – ядра уплотнения нет (точнее, «чулок» не выходит за прямую кромку).

Рассматриваемый нами случай (Рис.5,б) приводит к предположению о том, что эпюра давлений на переднюю грань ножа имеет приблизительно треугольную форму (Рис.6). Здесь σ_0 – геостатическое давление (в естественном состоянии грунта), постоянное для данной глубины резания; σ_B – давление у верхней кромки ножа [16].

Поскольку выдавливание грунта происходит через верхнюю кромку, считаем, что давление σ_0 существенно меньше σ_B , и в окончательные формулы не войдет (σ_0 является постоянной дополнительной составляющей в общем давлении, действующем на нож со стороны грунта, не зависимой от самого процесса резания).

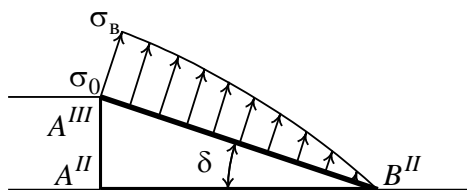


Рис.6. Эпюра давления на передней грани ножа
Fig. 6. Pressure chart on the knife front

Тогда среднее давление на лобовой грани ножа:

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_B}{2}. \tag{21}$$

Считаем, что ширина ножа (размер передней кромки) $BC = b$ в несколько раз больше длины ножа (размера боковой кромки) $A'B = l$.

Определим давление σ_B у верхней кромки ножа и действующие на него силы через геометрические параметры резания, угол трения грунта по ножу μ и собственные характеристики грунта.

Взаимосвязь давления σ_B с изменением пористости и размерами зоны деформации

Представим положение ножа в грунте на Рис.7. Здесь h_n – высота ножа, равная высоте прорези; h – толщина зоны деформации над прорезью; M – некоторая точка в этой зоне, находящаяся на расстоянии z от ее верхней границы.

Обозначим: $\sigma_0, \rho_0, \omega_0$ – давление, плот-

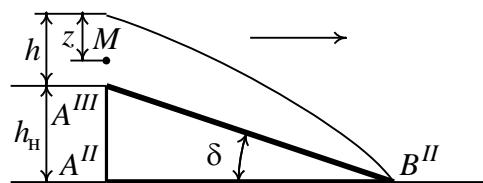


Рис.7. Параметры зоны деформации грунта перед ножом
Fig. 7. Parameters of the soil deformation zone in front of the knife

ность и коэффициент пористости вне зоны деформации; σ , ρ , ω – давление, плотность и коэффициент пористости в точке M ; σ_b , ρ_b , ω_b – давление, плотность и коэффициент пористости в точке A^{III} верхней кромки передней грани ножа.

Пористость играет основную роль в сопротивлении резанию грунтов [4, С.130]. Запишем соотношения, аналогично рассмотренным выше:

$$1 + \omega = \frac{V}{V_T} = \frac{m/\rho}{m/\rho_T} = \frac{\rho_T}{\rho}, \quad (22)$$

где V – объем элемента грунта массой m ; V_T – объем твердой фазы (без пор) ‘п’и’л’и’ элемента; ρ_T – плотность его твердой фазы (определение ω);

$$\frac{d\omega}{d\sigma} = -a, \quad (23)$$

где a – коэффициент уплотнения [15, С.48].

$$\rho = \rho_b e^{-k(h-z)}, \quad (24)$$

где k – коэффициент, зависящий от грунта и ножа [15, С.52].

В частном случае (при $z = 0$) из формулы (24)

$$\rho_0 = \rho_b e^{-kh} \quad (25),$$

и, деля (25) на (24), получаем:

$$\frac{\rho_0}{\rho} = e^{-kz}. \quad (26)$$

Теперь из формулы (22) будет:

$$1 + \omega_0 = \frac{\rho_T}{\rho_0}, \quad (27),$$

а из (22), (27) и (26) будет:

$$\begin{aligned} \omega - \omega_0 &= \frac{\rho_m}{\rho} - \frac{\rho_m}{\rho_0} = \frac{\rho_m}{\rho_0} \left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1 \right) = \\ &= (1 + \omega_0) (\varepsilon^{-kz} - 1) \end{aligned} \quad (28)$$

Считая коэффициент a в пределах нашего рассмотрения постоянным, из (23) и (28) можно получить (с учетом того, что σ_0 опускаем при сравнении с σ_b)

$$\begin{aligned} \sigma_b &\approx \sigma - \sigma_0 = -\frac{1}{a}(\omega - \omega_0) = \\ &= \frac{1 + \omega_0}{a} (1 - e^{-kz}) \end{aligned}, \quad (29)$$

в частном случае (при $z = h$ у верхней кромки ножа):

$$\sigma_b = \frac{1 + \omega_0}{a} (1 - e^{-kh}). \quad (30)$$

Из закона сохранения массы, интегрируя плотность грунта вдоль вертикали до деформирования грунта и после (см. формулу (26)), имеем

$$\int_0^{h_h+h} \rho_0 dz = \int_0^h \rho_0 e^{kz} dz,$$

или

$$\rho_0 (h_h + h) = \rho_0 \left(\frac{e^{kh} - 1}{k} \right).$$

Находим здесь h_h :

$$h_h = \frac{e^{kh} - 1 - kh}{k}. \quad (31)$$

Считаем аналогично [8, С.86, 87], что скольжение частиц грунта происходит в плоскостях, параллельных $AA'B$.

Так как реально [15, С.49] значение выражения $\left| \frac{\omega - \omega_0}{1 + \omega_0} \right| \leq 0,4 \dots 0,5$, то из формулы (28) следует, что экспоненту

$$e^t = 1 + t + \frac{t^2}{2} + \dots$$

можно разложить в ряд, ограничиваясь при необходимости одним или двумя членами ряда.

Поэтому формулы (30) и (31) будем использовать в виде, соответствующем ($t = kh$):

$$\sigma_B = \frac{1 + \omega_0 t}{a} \quad (32)$$

и

$$h_H = h \frac{t}{2}, \quad (33)$$

(поскольку

$$\frac{e^{kh} - 1 - kh}{k} \approx \frac{1 + kh + \frac{(kh)^2}{2} - 1 - kh}{k} = \frac{h^2 k}{2} = h \frac{t}{2}.$$

Силы, действующие на единичную площадку передней грани ножа

Обозначим векторы и оси координат на Рис.8 (точки A^{II}, A^{III}, B^{II} соответствуют обозначенным на Рис.4). Система координат – прямоугольная декартова.

Векторы $l_1 = (1, 0, 0)$; $l_2 = (\sin\gamma, \cos\gamma, 0)$; $l_3 = (-\cos\delta, 0, \sin\delta)$. По определению векторного произведения вектор

$$l_2 \times l_3 = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \sin\gamma & \cos\gamma & 0 \\ -\cos\delta & 0 & \sin\delta \end{vmatrix} = (\sin\delta \cos\gamma, -\sin\delta \sin\gamma, \cos\delta \cos\gamma),$$

перпендикулярен к плоскости ножа и имеет длину (определяемую прямым вычислением):

$$f = \sqrt{1 - \sin^2\gamma \cos^2\delta} \quad (34)$$

Таким образом, находим составляющие давления σ на единичную площадку плоскости ножа:

$$\sigma_x = \frac{-1}{f} \sin\delta \cos\gamma \cdot \sigma; \quad \sigma_y = \frac{1}{f} \sin\delta \sin\gamma \cdot \sigma; \quad \sigma_z = \frac{-1}{f} \cos\delta \cos\gamma \cdot \sigma, \quad (35)$$

где коэффициенты при σ совпадают с направляющими косинусами нормали к плоскости ножа. Соответственно составляющие силы трения будут (на Рис.8 – $\sigma_t \parallel l_3, \sigma \perp XOY$):

$$\begin{aligned} \sigma_{tx} &= -\sigma \operatorname{tg}\mu \cos\delta; \\ \sigma_{ty} &= 0; \\ \sigma_{tz} &= \sigma \operatorname{tg}\mu \sin\delta. \end{aligned} \quad (36)$$

Условие равновесия грунта над плоскостью ножа и определение напряжения σ_B

Рассмотрим слой грунта толщиной $dy = 1$ над плоскостью ножа в пределах зоны деформации. Это косяя призма $A^{III}A^{IV}B^{IV}B^{II}D^{III}D^{IV}B^VB^{III}$ (Рис.9).

Координаты и составляющие сил были рассмотрены выше (в п. 3 статьи) для плос-

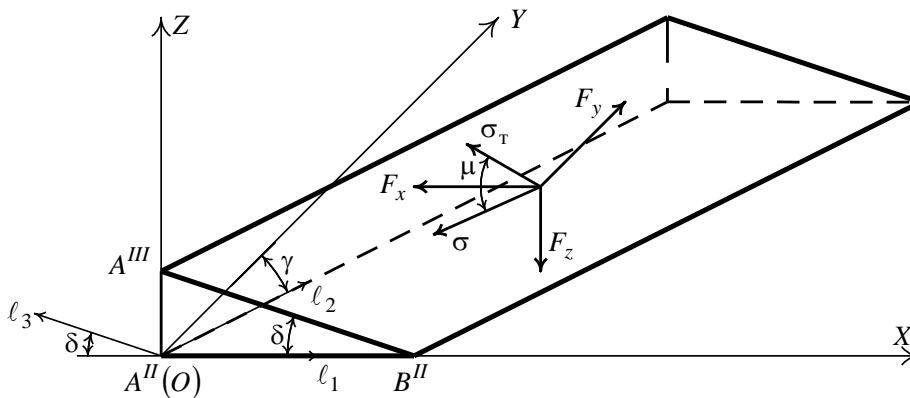


Рис.8. Схема сил, действующих на нож
Fig. 8. Scheme of forces acting on a knife

кости ножа. Для грани $A^{III}D^{III}B^{III}B^{II}$ следует поменять знаки составляющих. Вдоль грани $A^{III}A^{IV}D^{IV}D^{III}$ происходит разгрузка с вертикальным сдвигом накопленного напряжения. По закону Кулона-Мора касательное напряжение на элементе этой грани направлено противоположно оси $OZ \parallel A^{II}A^{III}$ и равно:

$$\sigma_k = c + \sigma \operatorname{tg}\Theta, \quad (37)$$

где c – сцепление; σ – давление (нормальное напряжение); Θ – угол внутреннего трения.

Полная составляющая вдоль оси OZ сил, действующих на эту грань, будет $S_{A^{III}A^{IV}D^{IV}D^{III}} \cdot \sigma_k^{cp}$ (площадь, умноженная на среднее касательное напряжение, давление же перпендикулярно OZ). Площадь равна $\frac{hdy}{\cos \gamma} = \frac{h}{\cos \gamma}$ (так как $dy = 1$). Исходя из формул (29), (30) и возможности линейного приближения $1 - e^{-kz} \approx kz$, о котором говорилось выше, давление

$$\sigma_k^{cp} = c + \frac{\sigma_B}{2} \operatorname{tg}\Theta.$$

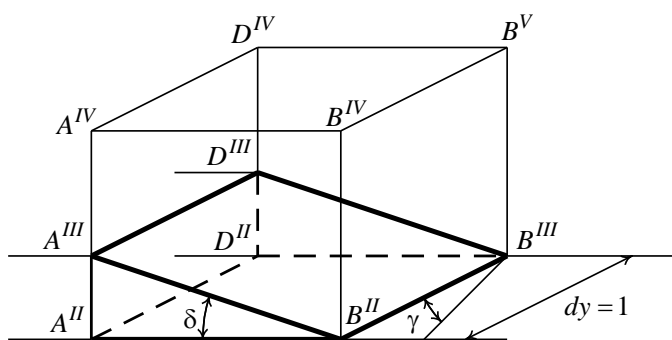


Рис.9. Призма грунта на лобовой грани ножа
Fig. 9. Prism of soil on the frontal edge of a knife

Итак, искомая составляющая равна

$$\frac{h}{\cos \gamma} \left(c + \frac{\sigma_B}{2} \operatorname{tg}\Theta \right). \quad (38)$$

Она должна равняться вертикальной составляющей силы, действующей на переднюю грань ножа на участке, где $dy = 1$. Это следует из предположения об отсутствии соответствующих сил на гранях $A^{IV}D^{IV}B^{IV}B^{III}$ и $B^{III}B^{II}B^{III}B^{II}$, так как геостатическое давление σ_0 не учитываем. Боковыми эффектами также пренебрегаем, поскольку ширина ножа b существенно больше его длины l и все площадки скольжения идентичны).

Площадь передней грани ножа S_H

$$S_H = S_{пр} / \cos \varphi_z,$$

где площадь проекции этой грани на плоскость ABC равна $S_{пр} = l \cos \delta \cdot b \cos \gamma$ и направляющий косинус нормали грани с осью OZ равен $\cos \varphi_z = \frac{1}{f} \cos \delta \cdot \cos \gamma$ (из формулы 35).

Значит

$$S_H = lbf. \quad (39)$$

Вертикальные составляющие сил давления и трения получим из формул (35) и (36), меняя знак на противоположный:

$$\sigma_z = \frac{1}{f} \sigma \cos \delta \cos \gamma; \quad \sigma_{tz} = -\sigma \operatorname{tg}\mu \sin \delta.$$

Среднее напряжение, согласно предположению (21), $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_B}{2}$.

Значение вертикальной составляющей силы (со стороны передней грани ножа)

$$\begin{aligned} S_H (\sigma_{z\text{cp}} - \sigma_{tz\text{cp}}) &= \\ &= lbf \frac{\sigma_B}{2} \left[\frac{1}{f} \cos \delta \cos \gamma - \operatorname{tg}\mu \sin \delta \right] = \quad (40) \\ &= lb \cos \delta \cos \gamma \frac{\sigma_B}{2} \left[1 - \frac{f \operatorname{tg}\mu \operatorname{tg}\delta}{\cos \gamma} \right]. \end{aligned}$$

Разделив равенство (40) на $b \cos \gamma$, получим значение этой силы на участке $dy = 1$. Приравняем его значению (38):

$$l \cos \delta \frac{\sigma_B}{2} \left[1 - \frac{f \operatorname{tg} \mu}{\cos \gamma} \operatorname{tg} \delta \right] = \frac{h}{\cos \gamma} \left[c + \frac{\sigma_B}{2} \operatorname{tg} \Theta \right] \quad (41)$$

Так как $l = \frac{h_H}{\sin \delta}$; а $h = \frac{2h_H}{t}$ (из формулы (33)), то, подставляя эти выражения в формулу (41) и сокращая на h_H , получим

$$\frac{\sigma_B}{2 \operatorname{tg} \delta} \left[1 - \frac{f \operatorname{tg} \mu}{\cos \gamma} \operatorname{tg} \delta \right] = \frac{2}{t \cos \gamma} \left[c + \frac{\sigma_B}{2} \operatorname{tg} \Theta \right].$$

Подставляя в последнее выражение $t = \frac{\sigma_B a}{1 + \omega_0}$, из формулы (32) получим

$$\frac{\sigma_B \left[1 - \frac{f \operatorname{tg} \mu}{\cos \gamma} \operatorname{tg} \delta \right]}{2 \operatorname{tg} \delta} = \frac{2(1 + \omega_0)}{\sigma_B a} \left[c + \frac{\sigma_B}{2} \operatorname{tg} \Theta \right] \quad (42)$$

Обозначив для краткости в формуле (42) величины

$$\delta'' = \frac{\operatorname{tg} \delta}{1 - \frac{f \operatorname{tg} \mu}{\cos \gamma} \operatorname{tg} \delta}; \quad c' = \frac{2(1 + \omega_0)c}{a};$$

$$\Theta' = \frac{1 + \omega_0}{a} \operatorname{tg} \Theta, \quad (43)$$

получим квадратное уравнение для напряжения σ_B :

$$\sigma_B^2 = 2\delta'' [c' + \sigma_B \Theta']. \quad (44)$$

Для анализа уравнения (44) приведем следующие математические рассуждения [10, 14]. Запишем упрощенное квадратное уравнение $\sigma^2 = 1 + 2\alpha\sigma$, которое имеет корень $\alpha + \sqrt{1 + \alpha^2}$ (с помощью производной

легко проверить, что $0,8 \leq \frac{\alpha + \sqrt{1 + \alpha^2}}{2\alpha + 1} \leq 1$ (для $\alpha > 0$), то есть

$$\sigma = 0,9[2\alpha + 1] = 1,8\alpha + 0,9$$

дает корень с ошибкой не более 10 %).

Корень этого уравнения переходит в корень уравнения (44) при некотором изменении масштаба единиц. Аналог формулы $\sigma = 1,8\alpha + 0,9\sqrt{1}$ для уравнения (44)

$$\sigma_B = 1,8\delta''\Theta' + \sqrt{1,6\delta''c'} \quad (45)$$

или непосредственно через параметры ножа и грунта, из равенств (43) получим давление у верхней кромки ножа

$$\sigma_B = \frac{1,8 \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \Theta (1 + \omega_0) \cos \gamma}{a \left(\cos \gamma - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta} \right) \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta} + \sqrt{\frac{3,2 \operatorname{tg} \delta (1 + \omega_0) c}{a \left(\cos \gamma - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta} \right) \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta}} \quad (46)$$

Если μ, δ, γ малы (например, когда δ и $\mu \leq 25^\circ$) в такой степени, что

$$\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \mu \leq 0,2 \quad \text{и} \quad \gamma \leq 30^\circ, \quad (47)$$

то можно пользоваться упрощенной формулой

$$\sigma_B = \frac{1,8}{a} \operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \Theta (1 + \omega_0) + \sqrt{\frac{3,2}{a} \operatorname{tg} \delta (1 + \omega_0) c}. \quad (48)$$

Составляющие сил, действующих на лобовую поверхность ножа

Находим вертикальную составляющую F_z суммарной силы, подставляя выражение (46) в равенство (40), где $T = \cos \gamma - f \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta$,

$$F_z = lb \frac{1}{2} \left[\frac{1,8 \text{tg} \delta \text{tg} \Theta (1 + \omega_0) \cos \gamma}{aT} + \sqrt{\frac{3,2 \text{tg} \delta (1 + \omega_0) c}{aT}} \right] \cos \delta T =$$

$$= lb \left[\frac{0,9}{a} \sin \delta \text{tg} \Theta (1 + \omega_0) \cos \gamma + \sqrt{\frac{0,9 \sin 2\delta (1 + \omega_0) c T}{a}} \right]$$

или, раскрывая значение T ,

$$F_z = lb \left[\frac{0,9(1 + \omega_0)}{a} \sin \delta \cos \gamma \text{tg} \Theta + \sqrt{\frac{0,4(1 + \omega_0)}{a} \sin 2\delta \times \left(\cos \gamma - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta} \text{tg} \mu \text{tg} \delta \right) c} \right] \quad (49)$$

Упрощенный вариант значения составляющей F_z при условии (27):

$$F_z = lb \left[\frac{0,9(1 + \omega_0)}{a} \sin \delta \text{tg} \Theta + \sqrt{\frac{0,4(1 + \omega_0) c \sin 2\delta}{a}} \right] \quad (50)$$

(Заметим, что составляющая силы F_z направлена вниз).

Боковая составляющая сопротивления ножу $F_y = S_H \sigma_{\text{уср}}$. Подставляя сюда значения формул (39), (35), (21), (46), получим

$$F_y = lbf \frac{1}{f} \sin \delta \sin \gamma \frac{\sigma_B}{2} =$$

$$= lb \left[\frac{0,45 \sin^2 \delta \sin 2\gamma (1 + \omega_0) \text{tg} \Theta}{\cos \delta \cdot aT} + \sqrt{\frac{0,8 \sin^3 \delta (1 + \omega_0) c \sin^2 \gamma}{\cos \delta \cdot aT}} \right],$$

то есть

$$F_y = lb \left[\frac{0,45 \sin^2 \delta \sin 2\gamma \frac{(1 + \omega_0)}{a} \text{tg} \Theta}{\cos \delta \left(\cos \gamma - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta} \text{tg} \mu \text{tg} \delta \right)} + \sqrt{\frac{0,8 \sin^3 \delta (1 + \omega_0) c \sin^2 \gamma}{a \cos \delta \left(\cos \gamma - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta} \text{tg} \mu \text{tg} \delta \right)}} \right] \quad (51)$$

Упрощенный вариант при условии (47):

$$F_y = lb \left[\frac{0,45 \frac{\sin^2 \delta (1 + \omega_0)}{\cos \delta} \sin 2\gamma \text{tg} \Theta + \sqrt{\frac{0,8 \sin^3 \delta (1 + \omega_0) c \sin^2 \gamma}{\cos \delta \frac{a}{a}}}} \right] \quad (52)$$

(Составляющая F_y направлена вдоль оси OY).

Горизонтальная составляющая (сила резания грунта)

$$F_x = S_H \left| \sigma_{\text{х ср}} + \sigma_{\text{тх ср}} \right| =$$

$$= lbf \left[\frac{1}{f} \sin \delta \cos \gamma \frac{\sigma_B}{2} + \text{tg} \mu \cos \delta \frac{\sigma_B}{2} \right] =$$

$$= lb \left[\sin \delta \cos \gamma + f \text{tg} \mu \cos \delta \right] \times$$

$$\left[\frac{0,9 \text{tg} \delta \text{tg} \Theta (1 + \omega_0) \cos \gamma}{aT} + \sqrt{\frac{0,8 \text{tg} \delta (1 + \omega_0) c}{aT}} \right].$$

То есть сила резания равна

$$F_x = lb \left[\text{tg} \delta \cos \gamma + f \text{tg} \mu \right] \times$$

$$\left[\frac{0,9(1 + \omega_0)}{aT} \sin \delta \cos \gamma \text{tg} \Theta + \sqrt{\frac{0,4 \sin 2\delta (1 + \omega_0) c}{aT}} \right], \quad (53)$$

где

$$f = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \delta}; T = \cos \gamma - f \operatorname{tg} \mu \operatorname{tg} \delta.$$

Упрощенный вариант силы резания, при условии (47), записывается так:

$$F_x = lbtg(\delta + \mu) \times \left[\frac{0,9(1 + \omega_0)}{a} \sin \delta \cos \gamma \operatorname{tg} \Theta + \sqrt{\frac{0,4(1 + \omega_0)c}{a} \sin 2\delta} \right] \quad (54)$$

или

$$F_x = 0,9lbtg(\delta + \mu)R \left[R \cos \gamma \operatorname{tg} \Theta + \sqrt{c} \right], \quad (55)$$

$$\text{где } R = \sqrt{\frac{1 + \omega_0}{a} \sin \delta}.$$

ВЫВОДЫ

1. Разработана модель щелевого резания грунта пространственно ориентированным (установленным под углом к траектории его движения) острым ножом при отсутствии бокового выпора, когда весь грунт в потоке, уплотняясь, вдавлируется в своды прорези.

2. Установлена зависимость давления на лобовую грань ножа от изменения пористости грунта, угла внешнего трения и размеров зоны деформации.

3. Аналитически определены составляющие сил, действующих на единичную площадку лобовой грани ножа, и полная сила резания грунта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баладинский В.Л., Сукач М.К., 1999. Подводные строительные работы: учеб. пособ. Киев, ИСМО, 224.
2. Баловнев В.И., 1981. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин, 1981.

3. Ветров Ю.А., 1971. Резание грунтов землеройными машинами. Москва, Машиностроение, 360.
4. Вялов С.С., 1978. Реологические основы механики грунтов. Москва, Высшая школа, 447.
5. Кравець С.В., 1999. Грунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій. Рівне, Видавництво РДТУ, 277.
6. Кравець С.В., 2008. Теорія руйнування робочих середовищ. Навч. посіб. Рівне, НУВГП, 124.
7. Кравець С.В., Ткачук В.Ф., Маланчук З.Р., 2007. Многоярусное разрушение массива горных пород. Монография, Ровно, НУВГП, 272.
8. Смирнов В.Н., 1993. Повышение эффективности рабочих органов землеройных машин. Киев, Полиэкс, 144
9. Сукач М.К., 2004. Рабочие процессы глубоководных машин. Київ, Наукова думка, 364.
10. Сукач М.К., Пузаков Д.В., 2009. Опір робочого середовища просторово орієнтованому ножу. Київ, КНУБА, Матеріали 3-ї наук.-практ. конф. молодих вчених КНУБА, 46.
11. Сукач М.К., Лисак С.І., 2010. Дослідження кінематичних параметрів процесу роботи траншейної машини. Матеріали 2 міжнар. наук.-практ. конф. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010), Херсон, ХДМІ, 22.
12. Сукач М.К., Новіков Р.Ю., 2012. Технологія утворення щілин під техногенними об'єктами. Матеріали 73-ї наук.-практ. конф. КНУБА, Київ, 24.
13. Сукач М.К., Литвиненко І.М., 2013. Вимірювання параметрів косокутного різання масиву ґрунту. Матеріали 7-ї наук. конф. молодих вчених КНУБА, 14.
14. Сукач М.К., Комоцька С.Ю., 2017. Прогнозування зусиль різання ґрунтів по геологічним кернам. Матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. Underwater Technologies 2017, 28.
15. Уродов В.И., 1972. Физические основы глубокого резания грунтов. Минск, Наука и техника, 232.
16. Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В. та ін., 2010. Машини для земляних робіт. Рівне–Дніпропетровськ–Харків, 557.

REFERENCES

1. **Baladinskij V.L., Sukach M.K., 1999.** Podvodnye stroitel'nye raboty: ucheb. posob. Kiev, ISMO, 224 (in Russian).
2. **Balovnev V.I., 1981.** Modelirovanie processov vzaimodejstvija so sredoj ra-bochih organov dorozhno-stroitel'nyh mashin, 1981 (in Russian).
3. **Vetrov Ju.A., 1971.** Rezanie gruntov zemlerojnymi mashinami. Moskva, Mashinostroenie, 360 (in Russian).
4. **Vjalov S.S., 1978.** Reologicheskie osnovy mehaniki gruntov. Moskva, Vysshaja shko-la, 447 (in Russian).
5. **Kravec' S.V., 1999.** Gruntozahisni ta energozberigajuchi mashini dlja prokladki pidzemnih komunikacij. Rivne, Vidavnictvo RDTU, 277 (in Ukrainian).
6. **Kravec' S.V., 2008.** Teorija rujnuvannja robochih seredovishh. Navch. posib. Rivne, NUVGP, 124 (in Ukrainian).
7. **Kravec' S.V., Tkachuk V.F., Malanchuk Z.R., 2007.** Mnogojarusnoe razrushenie massiva gornyh porod. Monografija, Rovno, NUVGP, 272 (in Russian).
8. **Smirnov V.N., 1993.** Povyszenie jeffektivnosti rabochih organov zemlerojnyh mashin. Kiev, Polijeks, 144 (in Russian).
9. **Sukach M.K., 2004.** Rabochie processy glubokovodnyh mashin. Kyiv, Naukova dumka, 364 (in Russian).
10. **Sukach M.K., Puzakov D.V., 2009.** Opir robochogo seredovishha prostorovo orientovanomu nozhu. Kiiiv, KNUBA, Materialy 3-i nauk.-prakt. konf. molodih vchenih KNUBA, 46 (in Ukrainian).
11. **Sukach M.K., Lisak S.I., 2010.** Doslidzhenja kinematichnih parametriv procesu roboti transhejnoi mashini. Materialy 2 mizhnar. nauk.-prakt. konf. Suchasni informacijni ta innovacijni tehnologii na transporti (MINTT-2010), Herson, HDMI, 22 (in Ukrainian).
12. **Sukach M.K., Novikov R.Ju., 2012.** Tehnologija utvorennja shhilin pid tehnogennymy ob'ektamy. Materiali 73-i nauk.-prakt. konf. KNUBA, Kiiiv, 24 (in Ukrainian).
13. **Sukach M.K., Litvinenko I.M., 2013.** Vimirjuvannja parametriv kosokutnogo rizannja masivu rruntu. Materialy 7-i nauk. konf. molodyh vchenih KNUBA, 14 (in Ukrainian).
14. **Sukach M.K., Komoc'ka S.Ju., 2017.** Prognozuvannja zusil' rizannja rruntiv po geologichnim kernam. Materiali III mizhnar. nauk.-prakt. konf. Underwater Technologies 2017, 28 (in Ukrainian).
15. **Urodov V.I., 1972.** Fizicheskie osnovy glubokogo rezanija gruntov. Minsk, Nauka i tehnika, 232 (in Russian).
16. **Hmara L.A., Kravec' S.V., Nichke V.V. ta in., 2010.** Mashini dlja zemljanih robot. Rivne–Dnipropetrovs'k–Harkiv, 557 (in Ukrainian).

Crevice cutting model under geostatic pressure

Mykhailo Sukach

Abstract. To create soil anti-filter screens, it is necessary to provide a horizontal gap device of a sufficiently large size to the soil mass. The use of traction working bodies such as a dozer blade requires an assessment of the pressure of the soil on the knife and the power characteristics of the working process. The pressure value affects the deformability of the soil in the area of the working body, the change in the porosity of the medium, the conditions for the formation and stability of the arches, the removal of soil into the lateral technological slots, etc. The task is complicated by the lack of visual control of slot cutting at depth and process control.

In this article, we have obtained an analytical model of soil pressure on the frontal surface of a straight sharp knife with slot cutting. The forces acting on the knife installed at an angle to the path of its movement are determined, and the cutting force is determined depending on the change in porosity and size of the soil deformation zone in the absence of lateral outflow.

According to preliminary estimates, the calculated values of these parameters coincide with the experimental data of known scientists for the knife wear area, which will make it possible to further evaluate the traction resistance of the cutting machine resistance, to control the processes of arch formation and soil removal on the sides of the working body.

Keywords: slot cutting, bulldozer blade, geostatic pressure, soil deformation, lateral discharge.

Design of hydraulic concrete compositions design with use of experimental-statistic models

Leonid Dvorkin

National University of Water and Environmental Engineering
Soborna Street 11, Rivne, Ukraine, 33028
dvorkin.leonid@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8759-6318

Received 27.05.2019, accepted after revision 06.06.2019
<https://doi.org/10.31493/uwt1909.1801>

Abstract. The article discusses the features and general methodological principles for solving problems of multiparameter design of concrete compositions using experimental statistical models obtained using mathematical planning of experiments.

Examples are given of solving problems of optimization of compositions of hydraulic concrete with standardized parameters of strength, frost resistance and water impermeability. Polynomial models of given properties of a concrete mix and concrete are given, depending on the main technological factors, taking into account the characteristics of the initial materials. On the basis of the obtained models, nomograms are constructed that allow performing the necessary technological calculations. Using the above nomograms, the compositions of concrete are calculated, which ensure the specified properties of concrete under conditions of normal hardening and heat treatment. The influence of the duration of hardening and the content of entrained air for concrete of various compositions was determined.

Keywords: hydraulic concrete, strength, frost resistance, water impermeability, mathematical models.

Design of concrete compositions is a key technological problem. Its solution defines the level of operational reliability of buildings and structures, and a degree of rational resources use for their manufacturing and construction.

The problems of concrete composition design that were formulated at the early beginning of concrete technologies remains actual in



Leonid Dvorkin

Head of building products and materials science department
Dr.Tech.Sc, Prof.

the present time, too. In modern technology, design of concrete compositions means justification and selecting the type of initial materials and their contents, providing the normative concrete mix requirements and hardened concrete properties for a given optimization criterion. Using the system approach methodology for concrete compositions design may include a number of additional problems, associated with technological parameters' and design requirements' optimization.

Presently in technological practice, concrete compositions design is carried out using numerous methods, based on various theoretical and technological preconditions. All of these methods can be successfully used in practice if they solve the required tasks.

Actual directions for developing the methodology of concrete compositions design are:

- increasing the "forecasting ability" of design dependencies, i.e., possibilities of more accurate taking into account of concrete technology factors and design requirements;

- improving the design algorithms' efficiency, their accuracy and speed.

In construction and technological practice, the most popular are methods of concrete compositions design aimed at receiving the required compressive strength of hardened concrete. It is first of all because concrete strength is its basic parameter. Another reason is the assumption that other concrete properties are also definitely related with compressive strength. This assumption, however, is not common enough. Really, concrete compressive, flexural and tensile strengths as well as its wear and cavitation resistance, etc., are definitely interdependent. However, dependence between strength and frost resistance, strength and creep, etc., are not definite; their determination should be based on using a complex of special quantitative dependences. If it is necessary to achieve some other building and technical properties, in addition to compressive strength, the task of concrete compositions design becomes significantly more complicated.

Design of special concrete type's compositions is a multi-parametric task (MPCCD). The complex of standardized parameters for hydraulic concrete is determined by the massiveness and the working conditions of concrete, taking into account the impact of water – environment. The task of designing the composition of concrete is to select the initial materials and their ratio, providing a set of necessary properties of concrete with a given criterion of optimality, as a rule, the minimum cement consumption or minimum cost. The solution of this task is most expediently performed with the help of experimental statistical models that allow one to quantify the relationship of concrete properties both among themselves and with the main factors affecting them.

INTRODUCTION

MPCCD tasks differ from traditional by a big number of parameters considered at the “input” as well as an “output” of concrete as

complex heterogeneous system. All MPCCD tasks can be divided into two types:

1) compositions problems, aimed at obtaining specific components consumptions, providing the given complex of concrete properties;

2) compositions – technological problems, aimed at finding along with specific components consumptions the values of some technological factors, characterizing the conditions of concrete producing and hardening.

Algorithms of compositions problems (Fig.1) [1-4] suggest finding the basic parameters of the mixture – cement-water ratio (C/W), water consumption (W), entrained air volume (V_{air}) and portion of sand in the aggregates mix (r), providing the complex of given properties in the most effective manner. Algorithms of compositions -technological problems (Fig.1) suggest finding basic parameters of the mixture as well as technological process parameters ($\sum T_r$) (temperature, hardening duration, compaction mode, etc.).

Using basic mixture parameters together with equations of absolute volumes allows obtaining consumptions of a 5-component concrete mixture (cement (C), water (W), volume of entrained air (V_{air}), fine (S) and coarse aggregates ($Cr.S$)).

For concrete with admixtures and lightweight concrete it is expediently to use as the core composition parameter the "modified C/W " [5]. It essentially increases the applicability range of design-experimental methods of concrete proportioning and dependencies for calculating concrete strength.

Selecting quantitative dependencies should consider as the purpose of a specific problem, as available initial information. For example, in simple problems, including finding strength of regular concrete without mineral, air entraining or other admixtures in normal hardening conditions the most known formulas may be used [6]. If detailed information regarding initial materials features is available, coefficients in equations of concrete strength are specified according to appropriate recommendations [7, 8].

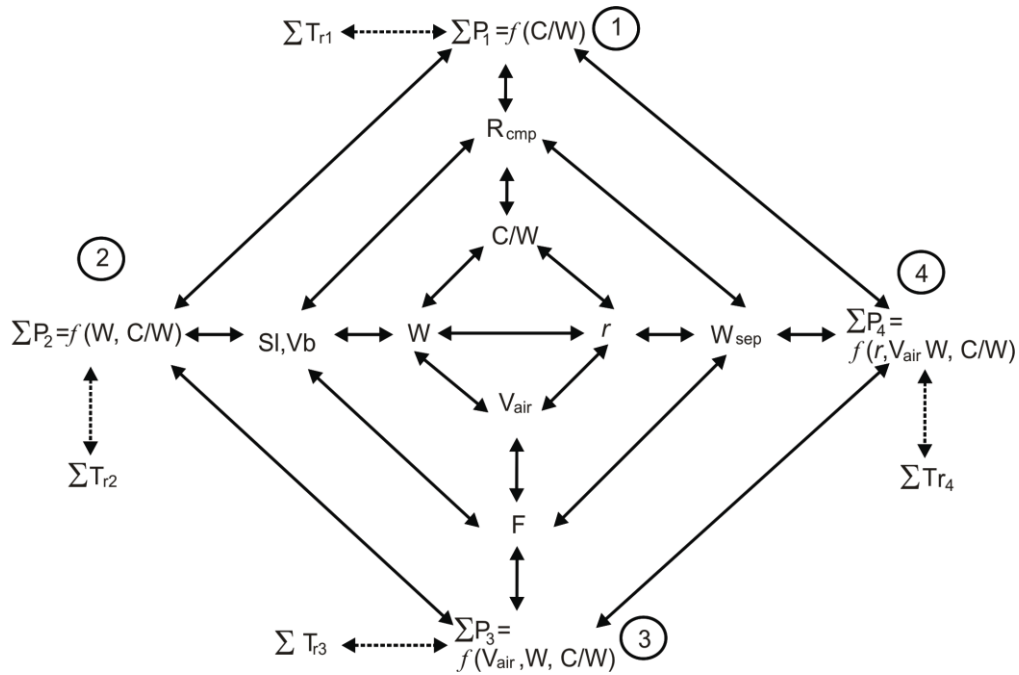


Fig.1. A block scheme for multiparametric concrete proportioning (ΣP – a group of concrete properties, related to certain parameters of the mixture, ΣT_r – a group of technological factors, affecting concrete properties). 1. Obtaining compressive strength R_{cmp} to achieve $\Sigma P_1 = f(C/W)$ and required cement-water ratio C/W . 2. Obtaining the water consumption W for achieving $\Sigma P_2 = f(W, C/W)$. Sl and V_b are Slump and Vebe time values, accordingly. 3. Obtaining the entrained air volume V_{air} for achieving $\Sigma P_3 = f(V_{air}, W, C/W)$. 4. Obtaining parameter r for achieving $\Sigma P_4 = f(r, V_{air}, W, C/W)$. W_{sep} is the water separation value.

Various quantitative dependences can be used also for obtaining aggregates consumption. At known aggregates specific surface and voidage values it is possible to use a formula, proposed in [9], to obtain the optimal portion of sand in aggregates mix (r_{opt}). In cases, when along with cement consumption and W/C just water demand of sand is known, the crushed stone consumption can be obtained by calculating the moving apart coefficient of coarse aggregate's grains by the cement-sand mortar K_s according to recommendations [6, 7]. If voidage of sand and crushed stone are known (these parameters can be easy found if true and bulk densities of aggregates are known) calculation of K_s can be done using dependencies given in [8] with corresponding corrections.

The bank of quantitative dependences available in concrete science rapidly increases during the last years especially due to polynomial regression equations – adequate mathematical models in a defined “factorial space”.

The major part of these models is obtained by means of experiment planning methods [10-12]. Solving concrete compositions design problems using mathematical experiment planning includes establishing relationships, between the basic concrete mix and hardened concrete properties, and factors that affect them.

At a priori study of the relationships that define the concrete properties and their qualitative structure for further mathematical modeling and optimization it is important to select the main controlled factors and to evaluate the possible curvature of the response surface in this variation region. Relatively high information level regarding the influence of composition factors and hardening regime on the basic concrete properties allows in most cases performing qualitative analysis and modeling almost immediately in the stationary region, which greatly simplifies the optimum search [13-15].

Multi-factorial polynomial models enable finding the optimal values of such factor; as aggregates' ratio, additives content, etc., and thus optimizing the designed concrete compositions, taking into account a given set of factors and their variation range. There are two possible approaches:

1) The optimized factors are determined from the equations, in which they are dependent variables, for example, the portion of sand in the aggregates mixture, r , is found from the slump or the concrete mix workability equation.

2) Equations for the optimized factors (r_{opt} , superplasticizer additives, etc.) are obtained and used together with the equations of normalized parameters for design of concrete mixtures composition.

Along with differential analysis, using canonical and isoparametrical analysis as well as linear programming and alternative methods for getting optimal solutions is also possible [16 – 20].

PURPOSE AND METHODS

The purpose of the performed work was to solve the problem of designing the compositions of hydraulic concrete with normalized values of compressive strength, frost resistance and water impermeability. Concrete hardened under normal conditions and heat treatment by steaming.

Portland Cement Cem ІІА-S with an activity of 34.5 and 47.9 MPa, respectively was used. To regulate the normal consistency of cement, an additive of superplasticizer C-3 was introduced into its composition. Quartz sand with a modulus of fineness $M_f = 2.1$, granite crushed stone of fractions 5...10, 5...40 and 5...70 mm were used as concrete aggregates. Concrete mixtures were produced both without and with the introduction of an air entraining additive like Vinsol in the amount of 0.06 and 0.12% by weight of cement.

When steaming samples, isothermal curing temperature was 80°. Within the overall heat-humidity treatment durations of 10...18 hours, the preliminary curing was 3 and 5 hours, respectively. The temperature rising speed in the chamber was 15° per hour.

The studies were performed using mathematical planning of experiments. The factors taken into account in the experiments and the conditions for their planning are given in Table 1.

To carry out experiments in obtaining models of entrained air, the water requirement of concrete mixes and the optimal proportion of sand in a mixture of aggregates, ensuring minimal water content, a five-factor plan Ha_5 was used [16]. The properties of concrete mixes and concrete were determined in accordance with the State Standards of Ukraine (DSTU): 2.7-96: 2000, 2.7-214: 2009, 2.7-170: 2008, 2.7-46-96.

Table 1. Conditions of experiments planning

Factors		Variation levels			Variation intervals
Natural	Coded	-1	0	+1	
Initial water content, kg/m ³	x ₁	150	180	210	30
Cement-water ratio	x ₂	1.3	2.1	2.9	0.8
Maximum crushed stone coarseness, mm	x ₃	10	40	70	30
Consumption of air entraining additive, kg/m ³	x ₄	0	0.06	0.12	0.06
Normal cement consistency, %	x ₅	24.6	27.2	29.8	2.6
Cement strength, MPa	x ₆	34.5	41.2	47.9	6.7
Heat-humidity treatment duration, h.	x ₇	10	14	18	4
Conditional workability	x ₈	0	1	2	1
Normal hardening duration, days*	x ₉	lg 28	lg 71	lg 180	lg 2.54
Cement consumption, kg/m ³	x ₁₀	234	378	522	144

Note: * For simplification of the proper models, lg τ was used; τ is duration of hardening, days.

In the study of the influence of factors on the compressive strength, frost resistance and water impermeability used a six-factor plan B₆ [16].

EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION

As a result of statistical processing of experimental results, quadratic polynomial models of properties of a concrete mix and concrete were obtained (Tables 2 – 4). Statistical

analysis showed that the models obtained in the coded variables can be considered adequate with a 95% confidence level, and the coefficients of the models are significant at the 5% significance level.

In the water consumption model (Table 2), the conditional workability values (x₈) were planned in accordance to Table 3.

In the model (1) of entrained air volume, instead of C/W (x₂) the cement consumption C (x₁₀) was varied (Table 1).

Table 2. Mathematical models of concrete mixes' properties

Properties	Equation type
Entrained air volume, %	$y_1 = 2.27 + 0.72x_1 - 0.63x_{10} - 0.47x_3 + 2.14x_4 - 0.18x_5 - 0.20x_1^2 + 0.24x_{10}^2 + 0.17x_3^2 - 0.22x_4^2 - 0.09x_5^2 - 0.13x_1x_2 + 0.71x_1x_4 - 0.61x_{10}x_4 - 0.46x_3x_4 - 0.13x_3x_5 - 0.19x_4x_5$ (1)
Concrete mix water consumption, kg/m ³	$y_2 = 169.2 + 26.4x_8 + 13.4x_2 - 20x_3 - 8.3x_4 + 9.3x_5 - 5.2x_8^2 + 5.8x_2^2 + 8.8x_3^2 + 2.8x_4^2 + 3.8x_5^2 + x_8x_3 + 2.6x_8x_5 - x_2x_3 + 3.1x_2x_4 + 2.25x_2x_5 - 1.1x_3x_5 + x_4x_5$ (2)
Optimal portion of sand in aggregates' mix	$y_3 = 0.284 + 0.03x_1 - 0.039x_2 - 0.02x_3 + 0.009x_4 + 0.007x_1^2 + 0.016x_2^2 + 0.008x_3^2 + 0.006x_4^2 - 0.005x_1x_2 + 0.01x_1x_3 + 0.009x_2x_4 - 0.004x_3x_4$ (3)

Table 3. Planning of conditional workability values

Variation levels	-1	-0,4	0	+0,4	+1
Workability score	Vebe time, sec		Slump, cm		
	20	8	2	5	13

Table 4. Mathematical models of normal hardened concrete properties

Properties	Equation type
Compressive strength, MPa	$y_4 = 36.93 - 1.88x_8 + 14.73x_4 - 0.86x_5 + 4.97x_6 + 6.08x_9 - 0.05x_8^2 - 1.85x_2^2 - 0.2x_4^2 - 0.3x_5^2 + 0.05x_6^2 - 0.8x_9^2 - 0.61x_8x_4 - 0.45x_8x_5 + 1.23x_8x_6 + 0.97x_2x_4 - 0.63x_2x_5 + 2.12x_2x_6 + 2.14x_2x_9 + 0.99x_4x_6 - 0.4x_5x_6 + 0.88x_6x_9$ (4)
Frost resistance, cycles	$y_5 = 378.9 - 67.8x_8 + 162.3x_2 + 147.7x_4 - 27.4x_5 + 21.8x_6 + 63.2x_9 + 9.7x_8^2 - 38.8x_2^2 + 6.7x_4^2 - 9.8x_5^2 + 11.7x_6^2 + 2.2x_9^2 + 29.4x_8x_2 - 8.7x_8x_5 - 16.6x_8x_9 + 26.6x_2x_4 - 15.8x_2x_5 + 18.7x_2x_9 + 7.1x_4x_6 + 23.7x_4x_9 + 13.8x_6x_9$ (5)
Water impermeability, MPa	$y_6 = 0.92 + 0.04x_8 + 0.56x_2 + 0.02x_4 + 0.01x_5 + 0.06x_6 + 0.25x_9 - 0.05x_8^2 + 0.08x_2^2 - 0.01x_4^2 + 0.004x_5^2 + 0.03x_6^2 - 0.02x_8x_2 + 0.01x_8x_4 - 0.02x_8x_5 + 0.04x_2x_6 + 0.14x_2x_9$ (6)

Table 5. Mathematical models of concrete properties after heat treatment

Properties	Equation type
Compressive strength at four hours after heat treatment, MPa	$y_7 = 21.98 - 0.93x_8 + 10.5x_2 - 1.03x_4 - 1.61x_5 + 2.32x_6 + 2.65x_7 - 0.49x_8^2 - 0.81x_2^2 - 0.09x_5^2 + 0.06x_6^2 - 0.96x_7^2 - 2.00x_8x_2 - 0.88x_8x_4 - 1.36x_8x_5 - 1.43x_8x_6 + 2.68x_2x_6 + 2.60x_2x_7 - 0.91x_4x_5 - 0.82x_4x_6 - 1.01x_4x_7 + 1.18x_5x_7 + 1.22x_6x_7$ (7)
Compressive strength at 28 days after heat treatment, MPa	$y_8 = 30.6 - 2.24x_8 + 13.03x_2 - 2.86x_4 - 0.99x_5 + 3.97x_6 + 1.94x_7 - 0.05x_8^2 - 1.75x_2^2 - 0.5x_4^2 - 0.35x_5^2 + 0.1x_6^2 - 0.2x_7^2 - 1.29x_8x_2 + 1.18x_2x_4 - 0.63x_2x_5 + 2.71x_2x_6 + 0.97x_2x_7$ (8)
Frost resistance, cycles	$y_9 = 281.9 - 38.3x_8 + 145.4x_2 + 89.2x_4 - 16x_5 + 17.7x_7 + 8.3x_8^2 - 15.7x_2^2 - 12.2x_4^2 - 5.2x_5^2 + 9.3x_6^2 - 2.2x_7^2 - 13.3x_8x_2 + 14.8x_8x_4 + 7.3x_2x_4 + 21.2x_6x_7$ (9)
Water impermeability, MPa	$y_{10} = 0.57 + 0.07x_8 + 0.43x_2 + 0.03x_5 + 0.06x_6 + 0.05x_7 - 0.02x_8^2 + 0.08x_2^2 + 0.02x_4^2 - 0.06x_7^2 + 0.07x_8x_2 + 0.03x_8x_4 - 0.04x_2x_4 + 0.03x_2x_5 - 0.06x_2x_6 - 0.02x_4x_6 - 0.02x_4x_7 + 0.01x_5x_6 + 0.02x_6x_7$ (10)

Using a complex of polynomial models allow a relatively easy solution of the concrete composition optimization problem in a wide range of given parameters of properties. The essence of the method is that models y_4, y_5, y_6 or y_7, y_8, y_9, y_{10} are solved regarding C/W, whereas other factors are fixed at required levels and the values of necessary strength, frost resistances and water impermeability are given. C/W, providing all the required properties, is found. Then the water consumption and the optimal portion of sand in the mixture of aggregates are found using y_2 and y_3 models. After that, cement, sand and crushed stone contents per 1 m³ of concrete mixture are calculated using the absolute volumes method.

Example 1. Design the hydraulic concrete composition without air-entraining admixture used in structures at 28 days of normal hardening.

Nomograms shown in Figs.2, 3 and 4 were created to simplify calculations, performed using the mathematical models (Tables 2 – 4). These nomograms can be used to determine the water content, C/W and r for given conditions. The established approximate relations of normal hardening concrete properties (Table 6) are used.

Additionally, a nomogram for determining the portion of sand in the aggregates' mix

(Fig.3) is corrected, taking into account experimental results, characterizing the influence of sand fineness modulus.

For example, Portland cement with strength of 40 MPa ($\rho_c = 3,1$ kg/l, paste normal consistency NC = 28 %), quartz sand (fineness modulus $M_f = 2.2$, $\rho_s = 2,6$ kg/l), crushed granite of fraction 5...20 mm ($\rho_{cr.s} = 2,65$ kg/l) and admixture of technical lignosulphonates 0.25 % (LST) by cement weight are used for production of concrete with minimum 28-days compressive strength 25 MPa, frost resistance of 150 freezing and thawing cycles and water impermeability of 0.2 MPa in an age of 28 days, the concrete mixture's slump should be 1...2 cm. Water reducing effect of additive LST – 8 %.

According to Table 6, the ultimate concrete strength, providing the required frost resistances and water impermeability, is $R_{cmp} = 30$ MPa).

Following Fig.2, the required cement-water ratio: C/W = 1.96.

Water content (Fig.3) is 190 kg/m³, and considering admixture of LST $W = 190 \cdot 0.92 = 175$ kg/m³.

Content of cement: $C = 175 \cdot 1.96 = 343$ kg/m³.

The optimal portion of sand in the aggregates' mix is obtained using Fig.4 : $r = 0.345$.

Content of sand (S) and crushed stone (Cr.S) are:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{343}{3.1} + \frac{175}{1.0} \right) \right] \cdot 0.345 \cdot 2.6 = 641 \text{ kg / m}^3, \quad Cr.S = \left[1000 - \left(\frac{343}{3.1} + \frac{175}{1.0} + \frac{641}{2.6} \right) \right] \cdot 2.65 = 1240 \text{ kg / m}^3.$$

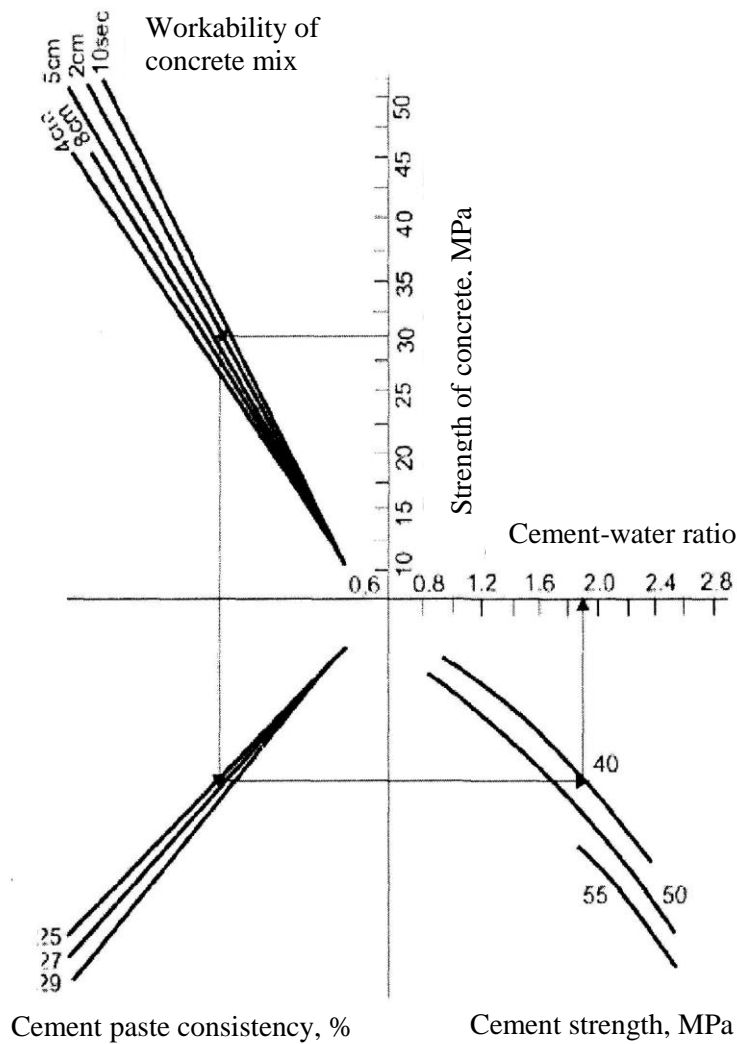


Fig.2. Nomogram for determining the cement-water ratio for concrete at 28 days (without air-entraining admixture)

Table 6. Relations between properties of normal hardened concrete without air entraining admixtures

Mix slump, cm	Concrete strength		
	28 days		
	Strength, MPa	Frost resistance, cycles	Water impermeability, MPa
1...4	20	50...75	0.2
5...9	20	50...75	0.2
10...15	20	50	0.2
1...4	30	100...150	0.2...0.4
5...9	30	100	0.2...0.4
10...15	30	75...100	0.2...0.4
1...4	40	200...250	0.6...0.8
5...9	40	200...250	0.6...0.8
10...15	40	100...150	0.6...0.8

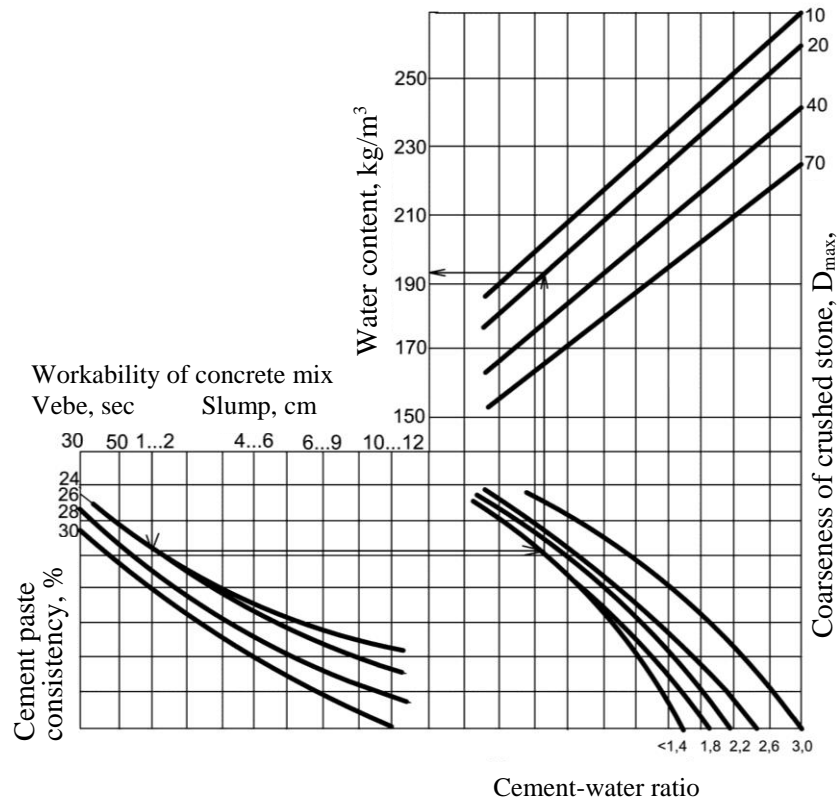


Fig.3. Nomogram for determining water consumption of concrete mixtures

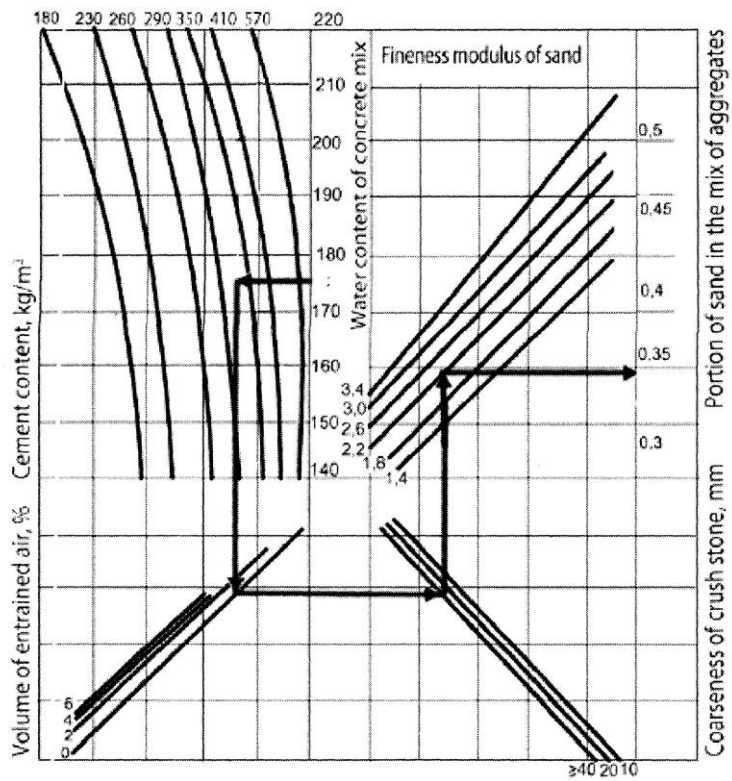


Fig.4. Nomogram for determining the portion of sand in aggregates' mix

Example 2. Design a composition of hydraulic concrete with different values of strength after heat treatment.

A complex of mathematical models (Table 5) enables finding solutions of such problems for any strength after heat treatment, changing the overall heat process duration, mixes workability and cement paste normal consistency in a wide range.

The algorithm for solving this problem differs from the previous just by the fact that either the model for ultimate strength y_8 at 28 days after heat treatment for the strength at four hours after heat treatment y_7 are solved for finding C/W. To determine the cement content, the higher over the two cement-water ratios are selected.

Fig.5 represents a nomogram for finding the C/W ratio that providing the ultimate strength and the required concrete mix workability for a given strength after heat treatment. The approximate steamed concrete properties relations and are given in Tables 7.

For example, for concrete with required compressive strength of 20 MPa, frost resistance F150 and heat treatment duration of 18 hours, the strength after steaming should be 70 % of the 28-day one and the concrete mix slump is 1...4 cm. Portland cement with strength of 40 MPa (paste normal consistency NC = 28 %, $\rho_c = 3.1$ kg/l), quartz sand with fineness modulus $M_f = 2.2$ ($\rho_s = 2.6$ kg/l), crushed granite stone fraction 5...40 mm ($\rho_{cr.s} = 2.65$ kg/l) are used.

Following Table 7, for providing the required frost resistance of 150 freezing and thawing cycles, the 28 days concrete compressive strength should be 25 MPa.

According to Fig.5, the required C/W = 1.7. The water content (Fig. 2) is 190 kg/m³. The required cement content:

$$C = 190 \cdot 1.7 = 323 \text{ kg/m}^3.$$

The optimal sand portion in the aggregates' mix is found using Fig.4: $r = 0.38$.

Table 7. Relations between properties of concrete without air entraining admixtures, subjected to heat treatment (duration of 14...18 hours)

Concrete compressive strength at 28 days, MPa	Strength after steaming, % of that at 28 days	Frost resistance, cycles	Water impermeability, MPa
15	70	Less than 50	0.2
	100	50...100	0.2
20	50	Less than 50	0.2
	70	50...100	0.2...0.4
	100	100...150	0.4...0.6
25	50	50...100	0.2...0.4
	70	100...150	0.4...0.6
	100	200...250	0.6
30	50	75...100	0.2...0.4
	70	150...200	0.4...0.6
	100	200...250	0.6...0.8
35	50	100...200 150...250 200...300	0.4...0.6
	70		0.6...0.8
	100		0.8...1.0
40	50	150...250	0.6...0.8
	70	200...300	0.8...1.0
	100	300	1.0...1.2

Note: Minimal frost resistance and water impermeability values are given for mixes with slump of 10...15cm, and maximal values – for mixes with slump 1...4 cm

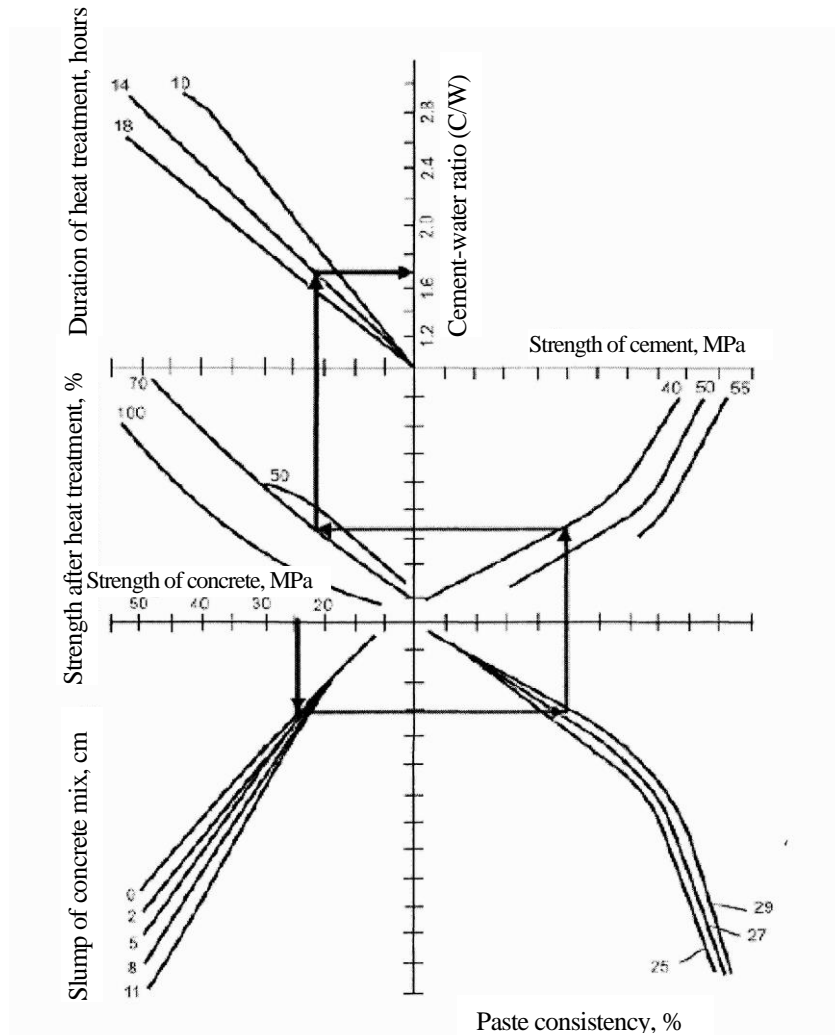


Fig.5. Nomogram for determining the cement-water ratio for concrete after heat treatment

Consumptions of sand and crushed stone are:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{323}{3.1} + \frac{190}{1} \right) \right] \cdot 0.38 \cdot 2.6 = 697 \text{ kg/m}^3$$

$$Cr.S = \left[1000 - \left(\frac{323}{3.1} + \frac{190}{1} + \frac{697}{2.6} \right) \right] \cdot 2.65 = 1160 \text{ kg/m}^3$$

Example 3. Design compositions of hydraulic concrete with air entraining admixture for the conditions described in Example 1.

Figs.6 and 7 are given nomograms that can be used for calculating C/W and the air-entraining admixture's content, required for providing the given properties' complex.

Tables 8 presents the optimal content of the entrained air for concrete with different properties. Water content, obtained using Fig.2, is corrected taking into account the entrained air volume.

Following Table 8, the entrained air volume for the given concrete design requirements should be 2.5 %. The C/W ratio providing the compressive strength of 20 MPa according to Fig.1 is 1.5. Following Fig.6, the C/W value, corresponding to the optimal air content for the given design properties, is 1.65. For further calculations the C/W is assumed to be equal to 1.65.

Table 8. Entrained air volume for concrete with different design requirements

Concrete properties			Required volume of entrained air, %
Strength at 28 days, MPa	Frost resistance, cycles	Water impermeability, MPa	
20	100	0.4	1.5...2.0
	150	0.4...0.6	2.5...3.0
	200	0.4...0.6	3.0...3.5
	300	0.4...0.6	3.5...4.0
30	200	0.6	1.5...2.0
	300	0.6...0.8	2.5...3.0
	400	0.6...0.8	3.5...4.0
40	300	0.8...1.0	3.0...3.5
	400	0.8...1.0	3.5...4.0
	500	1.0...1.2	4.5...5.0

Note: Minimal and maximal values of entrained air volume are given for mixes with slump of 1...4 cm and 10...15 cm, respectively.

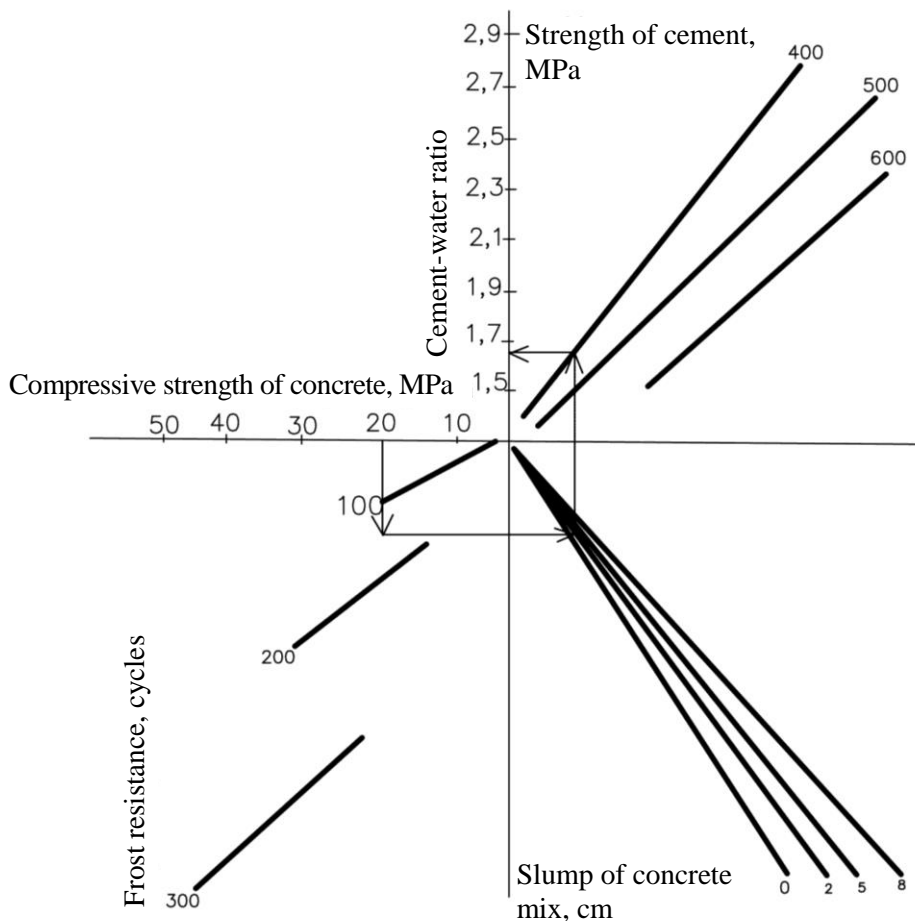


Fig.6. A nomogram for determining the C/W ratio for concretes with optimal entrained air content

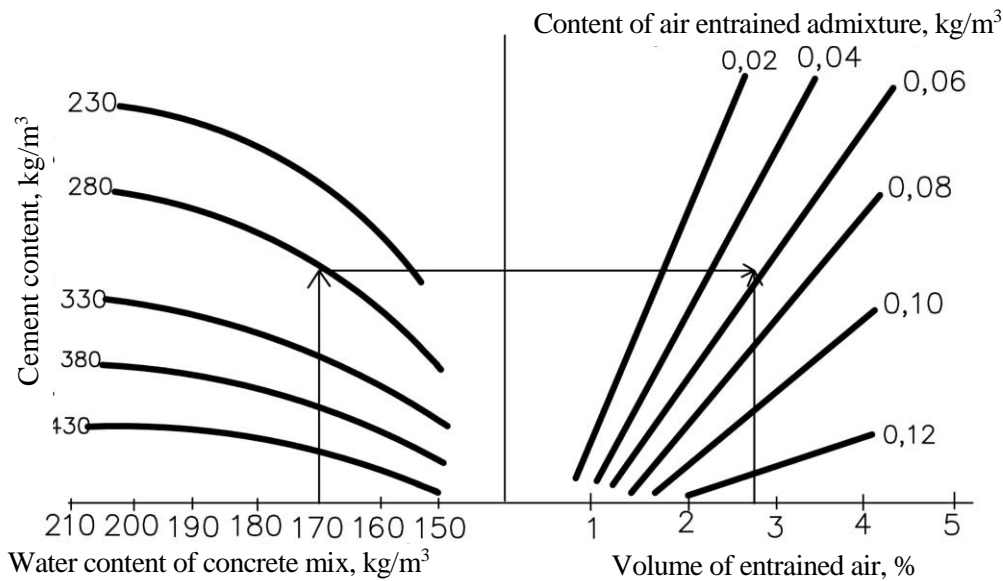


Fig.7. A nomogram for defining the air-entraining content

The optimal portion of sand in the aggregates' mix is obtained using Fig.4: $r = 0.36$.

Sand and crushed stone content are obtained taking into account the entrained air volume:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{297}{3.1} + \frac{180}{1} + 25 \right) \right] \cdot 0.36 \times 2.6 = 654 \text{ kg/m}^3$$

$$Cr.S = \left[1000 - \left(\frac{297}{3.1} + \frac{180}{1} + 25 + \frac{654}{2.6} \right) \right] \times 2.65 = 1186 \text{ kg/m}^3$$

The content of air entrained admixture equals 0.05 kg/m^3 (Fig.7).

CONCLUSIONS

1. Considered methodological principles for solving problems of multiparameter design of concrete compositions (MPCCD). A general block schema is presented for solving composite tasks of the MPCCD to determine the specific consumptions of components that provide a given set of properties of concrete and

compositional-technological tasks with the goal of additional determining the value of technological factors that characterize the conditions of production and hardening of concrete.

2. With the use of mathematical methods of planning experiments, a set of experimental-statistical models and nomograms on their basis were obtained with the help of which examples of determining the compositions of hydraulic concrete with given parameters of strength, frost resistance and water impermeability of concrete hardening under normal hardening and heat-moisture treatment were solved both for concrete mix with and without air entraining additives.

REFERENCES

1. **Dvorkin L.I., 1981.** Optimal design of concrete compositions. Lvov, Vyscha shkola, 159 (in Ukrainian).
2. **Dvorkin L.I, Dvorkin O.L, Ribakov Y., 2012.** Mathematical experiments planning in concrete technology. New York, Nova Science Publishers, 173.
3. **Voznesenskiy V.A., Lyashenko T.V., Ogarkov B.L., 1989.** Numerical methods for solving problems of construction technology using

- computers. Kiev, Vyshcha shkola, 328 (in Russian).
4. **Singiresu S. Rao., 1996.** Engineering optimization. Theory and Practice. 3-rd edition, Wiley-Interscience, 920.
 5. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Ribakov Y., 2013.** Multi-Parametric Concrete Compositions Design. New York, Nova Science Publishers, Inc., 223.
 6. **Bazhenov Y.M., 1987.** Concrete technology. Moscow, Vysshaya shkola, 449 (in Russian).
 7. **Skramtayev B.G., Shubenkin P.F., Bazhenov Y.M., 1966.** Methods for proportioning different types of concrete compositions. Moscow, Stroyizdat, 159 (in Russian).
 8. **Sizov V.P., 1980.** Design of normal-weight concrete compositions. Moscow, Stroyizdat, 144 (in Russian).
 9. **Shmigalskiy V.N., 1981.** Optimization of cement concrete compositions. Chisinau, Shtinca, 123 (in Russian).
 10. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Ribakov Y., 2012.** Mathematical experiments planning in concrete technology. New York, Nova Science Publishers, 173.
 11. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Korneychuk Yu.A., 1995.** Effective Cement-Ash Concrete. Rivne, Eden Publishers, 195 (in Russian).
 12. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., 2016.** Estimated Properties Prediction and Design of Concrete Compositions. Moscow, Infra-Engineering, 384 (in Russian).
 13. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., 2006.** Basics of concrete science. St.-Petersburg, Stroybeton, 686 (in Russian).
 14. **Pihlajavaara S., Paroll H., 1975.** On the correlation between permeability properties and strength of concrete. Cement and Concrete research, Vol.5, 321-328.
 15. **Ivanov F.M., Krasnovskaya T.G., Solntseva V.L., 1968.** Affect of thermal-humid curing on structure and properties of cement mortars. Proceedings of International conference on problems of accelerating concrete hardening at producing precast reinforced concrete elements. Moscow, 25-32 (in Russian).
 16. **Voznesenskiy V.A., Lyashenko T.V., Ogarikov B.L., 1989.** Numerical methods for solving problems of construction technology using computers. Kyiv, Vyshcha shkola, 328 (in Russian).
 17. **Gordon S.S., 1969.** Structure and properties of normal-weight concrete with different aggregates. Moscow, Stroyizdat, 151 (in Russian).
 18. **Reibman N.S., Chadeev V.M., 1975.** Creating models for industrial processes. Moscow, Energiya, 375 (in Russian).
 19. **Batrakov V.G., 1990.** Modified concretes. Moscow, Stroyizdat, 396 (in Russian).
 20. **Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., 1998.** Industrial adaptation of calculated concrete compositions. Beton i zhelezobeton, Moscow, No.6, 10-11 (in Russian).

Расчет составов гидротехнического бетона с использованием экспериментально-статистических моделей

Леонид Дворкин

Аннотация. В статье рассматриваются особенности и общие методологические принципы решения задач многопараметрического проектирования составов бетона с помощью экспериментально-статистических моделей, полученных с применением математического планирования экспериментов.

Даны примеры решения задач оптимизации составов гидротехнического бетона с нормируемыми параметрами прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. Приводятся полиномиальные модели заданных свойств бетонной смеси и бетона в зависимости от основных технологических факторов адекватные в принятом фактором пространстве с учетом особенностей исходных материалов. На основе полученных моделей построены номограммы, позволяющие выполнить численный анализ моделей и необходимые технологические расчеты. С использованием приведенных номограмм рассчитаны составы бетонов, обеспечивающие заданные свойства бетона в условиях нормального твердения и тепловой обработки. Определено также влияние длительности твердения и содержания вовлеченного воздуха для бетонов различных составов.

Ключевые слова: гидротехнический бетон, прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, математические модели.

Environmental Management Methods for Trunk Road Adjacent Urban Areas

Oleksiy Priymachenko

Kyiv National University of Construction and Architecture
Povitroflotskyi Avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03680
priymachenko_a@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5125-8472

Received 06.04.2019, accepted after revision 08.06.2019
<https://doi.org/10.31493/tit1909.1802>

Abstract. The efficient operation of all types of transport is an essential condition for the stable operation of Ukrainian economy. Since the transport industry of Ukraine is closely connected to almost all branches of production and social sphere, its trends in development follow the general dynamics of the country's economic development. At the same time, transport industry's development priorities should take into account the distinguishing features of road transport as a fast, convenient, mobile, socially significant mode of transport whose activities are subject to certain safety and environmental risks and guided by international regulatory and legal codes and standards. Today there are more than 1 million trucks and approx. 7 million cars in Ukraine, and this number is growing. This, in turn, leads to an increase in fuel and energy resources consumed by motor vehicles.

Raising requirements on the ecological condition of the urban environment causes a problem in the effective planning and functioning of protective and planning elements of trunk road adjacent areas. Trunk road adjacent areas are those located along the main street and road network within the boundaries from the trunk road to the construction line. These are the boundaries of the location of houses and structures related to the red lines, according to the construction line definition. They account for about 15...30% of the city's area. The study of methodological foundations of sustainable development of urbanized areas should be based on a comprehensive, problem-oriented approach of various related scientific studies. Therefore, the task of studying the environmental impact of the main street network is relevant for the city. Thus, the city's main street and road network



Oleksiy Priymachenko
Assistant Professor
of the City Urban Planning
and Development
PhD, Ass. Prof.

can be called the main source of complex ecological impacts, particularly on the intra-city environment and the environment, i.e. the urban ecosystem as a whole. All-natural components of the urban environment, namely, geological, atmospheric, hydrological environment, are subject to harmful anthropogenic impact of the street and road network. The most critical is the atmospheric air condition, whose deterioration is a planetary scale problem.

Keywords: ecological condition of urban environment, trunk road adjacent area, environmental impacts.

PROBLEM STATEMENT

This study purpose is to explore and develop the methodological foundations of regulating environmental and urban planning processes of functioning and developing the main street and road network under the influence of environmental impacts from traffic flows and external factors.

Information support development, scientific research and scientifically based complex solutions and methods of choosing planning and management options for trunk road adjacent areas are required. The main task of the

study is a creation of environmental management models in determination of the effectiveness of environmental and urban planning regulation of the operating and development processes of trunk road adjacent areas. Moreover, modelling of the main street and road network transversal profiles with the possible setting of the size of the areas between trunk roads to reduce the intensity of environmental impacts on the residential building area is required, too.

RECENT RESEARCH AND PUBLICATIONS ANALYSIS

The relevance of this research topic is indicated by the analysis of scientific works and urban development codes and standards in effect. This research topic is the subject of research by renowned scientists such as:

- V.I.Nudelman, M.M.Domin, Ye.Ye.Kliushnichenko, H.I.Lavryk, M.M.Habrel, Yu.M. Bilokon, I.O.Fomin, M.M.Kushnirenko, A.P. Ositnianko, O.I.Synhaivska, A.M. Pleshkanovska, H.Y.Filvarov in urban and territorial planning issues;

- B.V.Solukha, M.M.Osietrin, Ye.O.Rejtsin, D.S.Samoilova, V.I.Huk, T.O.Shilova, M.S.Fishelson, M.S.Murza, A.Ya.Tulaieva, H.L. Karaban, Z.I.Aleksandrovska, Yu.L. Shevchenko, V.S.Weinberg, I.B. Solukha, O.S.Furmanenko, I.I. Ustinova etc. in theoretical and scientific-methodical system studies in the aspect of transport and ecological problems.

STATEMENT OF BASIC MATERIAL

The main challenges of the ecological condition of trunk road adjacent areas are the negative impact of the transportation flow, which in turn generates environmental impacts in the form of noise, air pollution and contamination of areas.

As a result of the studies in the propagation of environmental noise impact under current urban conditions, cross-sectional profile models of trunk road adjacent areas have been developed, with the definition of their calculated noise impact, and the methodological basis

for ecological and urban planning regulating the processes of functioning and development of the main street and road network at the stages of regional and local planning of the area have been proposed.

As a result of research on the distribution of noise ecological impacts, the technique of defining noise impacts in calculation points has been proposed, assuming the effect of existing planning solutions of trunk road adjacent areas influence and planning solutions on civil construction improvements of the area, arrangement solutions for the relief surface, use of civil structures and planning methods for the protection of trunk road adjacent areas.

The reliability of the proposed models is demonstrated by calculating the modelling results of various planning solutions and the results of field studies. The basis of the full-scale study is made by the most typical cross-section profiles of Kyiv trunk road adjacent areas:

- The trunk road network sites in the densely built-up conditions;

- The trunk road network sites passing through varied terrain relative to the level of the main street and road network;

- The trunk road network sites passing through undeveloped, i.e. building-free, area;

- The trunk road adjacent area sites in the context of the built-up area influence on the value of the environmental impact indicators in the middle of a built-up area.

Noise impact indicators and their action potential were determined at the sites under study.

The model for determining the distribution of environmental noise impacts from the main street and road network on the territory is based on the introduction of the standard indicator $L_{stand.}$, which is an indicator of the noise level and obtained under conditions of noise modelling on a plane. In order to determine the calculated noise level at the design site, the calculated indicator $L_{calc.}$, assuming appropriate corrections and the impact of the trunk road adjacent area planning solutions. The expression for calculating $L_{calc.}$ contains the constant index $K_{const.}$ (index of transition to urban environment) obtained as a studies

result of modelling of noise propagation on the surface and the coefficient of accounting for civil construction improvements of the area within arrangements for the terrain of trunk road adjacent areas K_{calc} , which is based on scientifically developed surface models with street and road networks of various altitudes. The proposed noise indicator calculation method will provide a clear picture of the environmental impact on its planning and spatial arrangements on the trunk road adjacent area and the management of main street and road networks.

The formula for calculating the noise indicator at the calculation point:

$$L_{calc.} = L_{stand.} * K_{const} * K_{calc.} + L_{a surf.} + L_{a slope} \quad (1)$$

where $L_{calc.}$ is the calculated value of noise indicator at a given point;

$L_{stand.}$ is the standard value of noise indicator at a given point on a plane terrain;

$K_{const.}$ is the constant coefficient of merging to urban environment, 0.95;

$K_{calc.}$ is the coefficient for civil construction improvements of the area committed to terrain arrangements of trunk road adjacent areas;

$L_{a surf.}$ is the correction (dBA) to take into account the type of carriageway or road surface;

$L_{a slope}$ – is the correction (dBA) to take into account the longitudinal slope of the street or road.

The aforementioned calculation model testifies to the universality of the developed approach with scientific substantiation of methodology of definition of indicators of environmental noise impacts and forecasting of required design solutions on the choice of civil design solutions of protective arrangements and the extent of civil construction improvements of the area in order to define the area's functional purpose so as to plan and deploy comfortable environment. According to the research, graphs for determining the standard noise value $L_{stand.}$ (Fig. 1) and transverse profile models of the main street and road networks with the $K_{calc.}$ factor based on the terrain specifics of the trunk road adjacent area (Fig. 2) have been developed.

The introduction of the term EPI “Ecological Planning Indicator of Stable Area Development” was proposed as a result of the study of the criteria for assessing possible environmental impacts and the extent of the area's required planning and civil construction improvements, taking into account impact factors, their quantitative and specific indicators. So,

$$EPI = (E_1 n_1; E_2 n_2; \dots; E_n n_m), \quad (2)$$

where E_n is the type of environmental impact on the area;

n_m is the potential for civil construction protective measures over space and time cov-

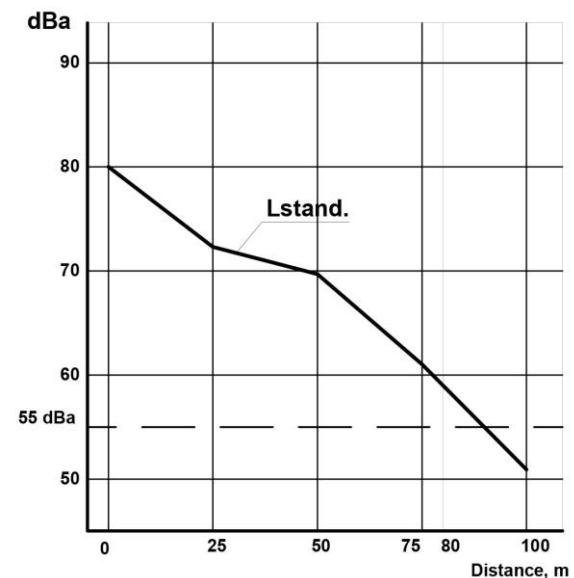


Fig. 1. Graphs for determining the standard noise value L_{stand}

ering an area of a relevant factor.

The proposed model outlines in detail the extent of the environmental impact on the area, predicts the consequences and methods of civil construction improvements of the area, forms the criteria of functional purpose and the basis for choosing protective elements and methods against the predicted environmental impacts on the urban environment.

Thus, according to the stage of development of planning and build-up diagrams of the area at regional and local levels, it is possible to make suitable planning solutions for

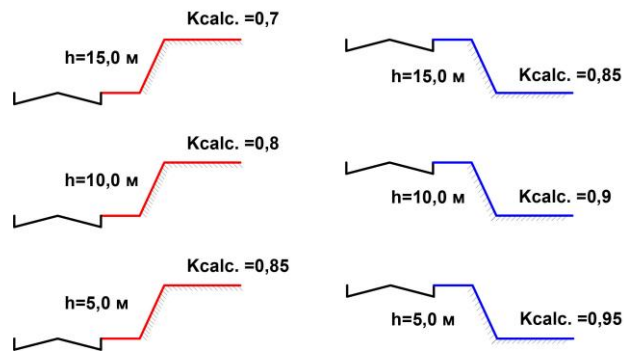


Fig. 2. Transverse profile models of main street and road networks with the environmental impact reduction factor K_{calc}

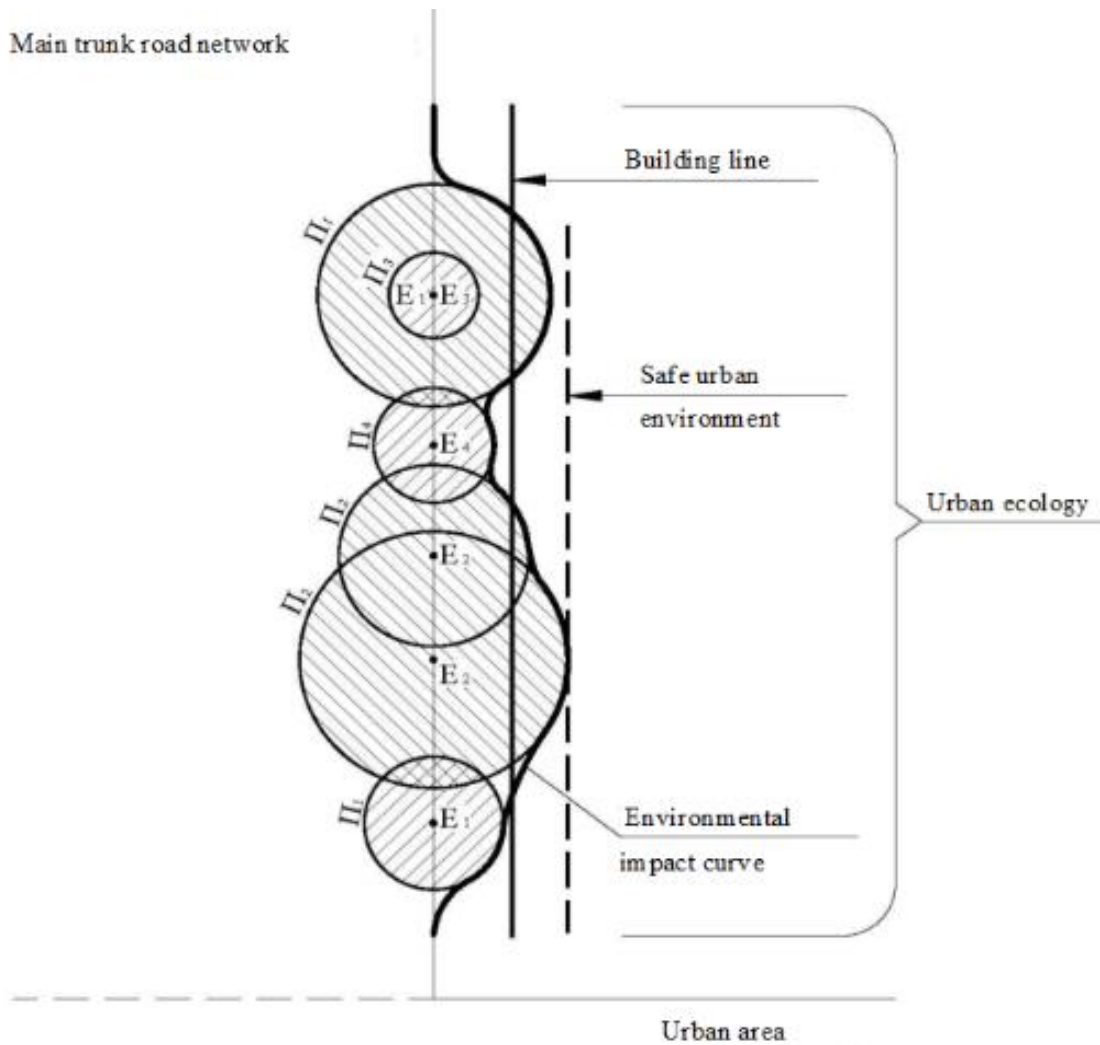


Fig. 3. The model of efficiency of environmental and urban planning regulation of the processes of functioning and development of the trunk road adjacent areas

he development of these areas and to provide expert assessment of existing planning solutions from the point of view of ecology both under conditions of free build-up of the area sign) and under conditions of existing build-up (area renovation).

On the ground of the research completed, a model was developed (Fig. 3) for assessing environmental impacts on the trunk road adjacent area with possible forecasting of the planning and technical solutions required for substantiation and an integrated approach to urban area planning at the stages of development of the area planning and development diagrams:

- at regional level: settlement planning, its functional area zoning, with noise protection zones to be allocated;
- at the city master plan stage: street and road network routing of the trunk level; functional area zoning with the building line to be allocated;
- separation of residential areas; use of the surface area as a protective element;
- formation of a green space system as a protective element; and
- extension and rational use of trunk road adjacent areas.

Based on this methodology for assessing environmental impacts and forecasting effects

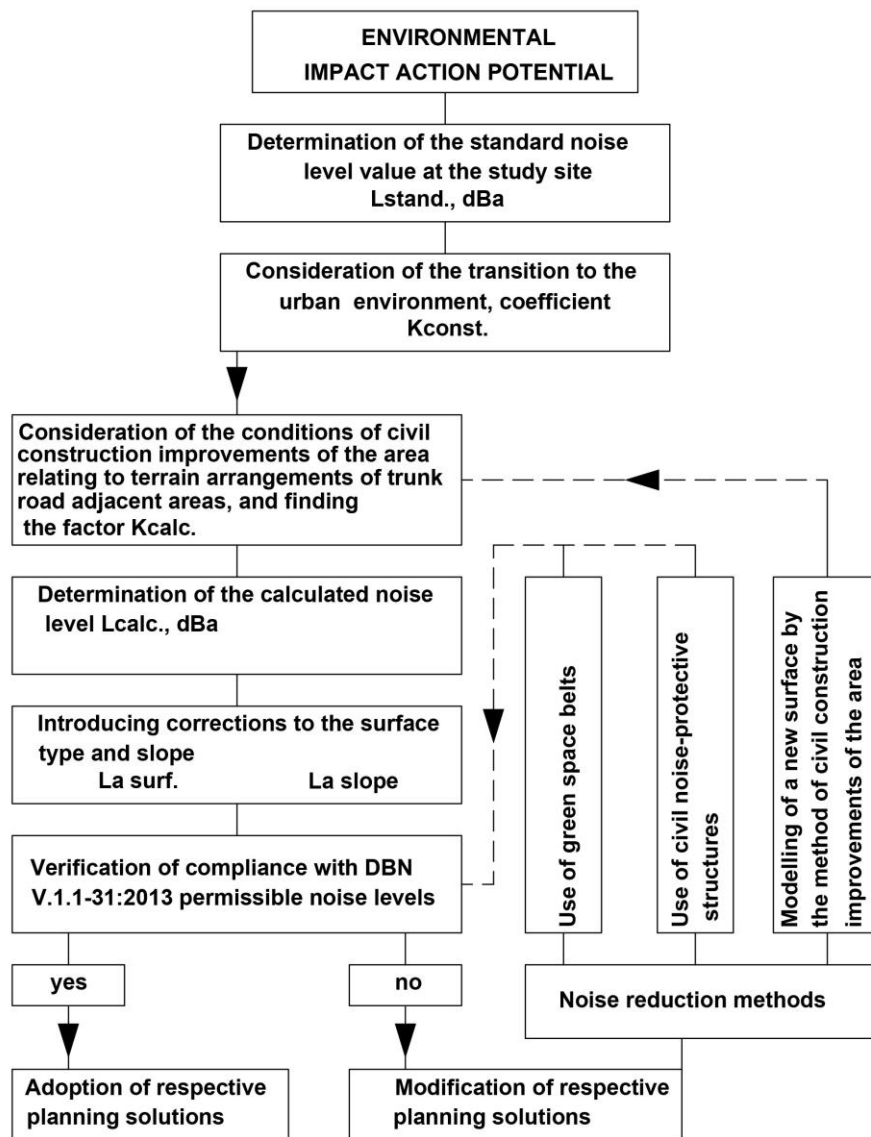


Fig. 4. Model of ensuring the effectiveness of regulation of the ecological-town-planning state of the main areas against noise exposure

on urban areas, an approach is proposed to solve the problem at the level of functional area zoning, taking into account the degree of influence of ecological potential, depending on the characteristics of existing buildings and in terms of area renovation. This zoning approach can be taken as the basis for creating a safe, comfortable urban environment, sustainable and rational use with the appropriate functional purpose of the area, and sustainable urban development.

The study of Kyiv road network highways, construction line location, analysed area planning structure, area zoning diagrams and the terrain will determine the impact coefficient of noise distribution on the trunk road adjacent area.

The coefficients proposed can identify the influence of planning, engineering and technical solutions adopted or already implemented and to identify the relationship between urban planning features of residential build-up and routing of a given main street and road network, as well as its spatial development

The proposed principles of a multifactor approach applied to the developed example of the environmental impact of noise are presented in the form of a schematic structural model for ensuring the regulation of the ecological-town planning state of the main areas against noise exposure (Fig. 4) in the context of forecasting the potential impact on the state of urban development, which allows to determine the land surface transformation measures, arranging the terrain in the context of civil construction improvements of the area; this will enable the development of planning and urban development approaches to be continued

CONCLUSIONS

Relying on the expertise in theoretical and practical advances in the field of urban development and area planning, models have been developed in this study to ensure the effectiveness of regulation of the ecological-town-planning state of noise-affected trunk road adjacent areas; and they form the basis of the

methodological support of environmental management of trunk road adjacent areas.

The motor transport influence on the ecological state of the urban setting under the conditions of ongoing motorisation growth has been described. Urban planning methods to reduce environmental impacts on trunk road adjacent areas are exemplified and developed using the elaborated models of environmental impact distribution that result from noise nuisance.

Noise nuisance field data in trunk road adjacent areas have been outlined. Based on the results obtained, a model was proposed for the conditions of regional and local area planning to determine noise pollution indicators.

The efficiency model has been developed for ecological-town-planning regulation of the functioning and development of trunk road adjacent areas in order to establish the environmental impact limit and forecasting with respect to the planning solutions adopted, to determine the area functionality and to choose civil construction improvements to protect the area.

Models of trunk network profiles were proposed with the definition of the spread of noise pollution in the adjacent trunk road areas, with the elements of the terrain's civil construction improvements in mind.

REFERENCES

1. **State** Construction Norm 360-92. City and City Planning. Planning and Development of Urban and Rural Settlements. Kyiv, Derzhbud Ukraine, 113 (in Ukrainian).
2. **General** Planning Scheme of Kyiv for the period through to 2020, **2001**. Main Principles, 69 (in Ukrainian).
3. **Solukha B.V., Fuks H.B., 2003**. Urban Ecology. Kyiv, KNUCA, 337 (in Ukrainian).
4. **Furmanenko O.S., 1991**, City and Country Cleaning and Refuse Disposal. Kyiv, Budivelnik, 144 (in Ukrainian).
5. **Astern M.M., Solukha B.V., Shilova T.O., 2010**. Environmental Evaluation of City Main Road Crossings on Different Levels. Kyiv, KNUCA, 108 (in Ukrainian).
6. **Ustynova I.I., 2016**. Methodological Framework of Sustainable Development of Envi-

- ronmental City Planning Systems. Synopsis of a thesis, Kyiv, KNUCA, 46 (in Ukrainian).
7. **Solukha I.B., 2016.** Methods of Urban Environmental Evaluation of Traffic Planning Hubs in Trunk Road Networks of Large Cities. Synopsis of a Thesis, Kyiv, KNUCA, 22 (in Ukrainian).
 8. **Igor Solukha, 2015.** The influence of longitudinal slope of main road carriage-way on the mass emission from road transport in the atmospheric air, MOTROL, Vol.17, No.08, 45-51.
 9. **Annual Abstract of Statistics of Kyiv city, 2011.** State Statistics Service of Ukraine, 467 (in Ukrainian).
 10. **Annual Abstract of Statistics of Kyiv city, 2015.** State Statistics Service of Ukraine, 434 (in Ukrainian).
 11. **Osytnianko A.P., 2005.** Kyiv Development Planning. KNUCA, 385 (in Ukrainian).
 12. **Priymachenko O.V., 2014.** Determining the Planning Measures for Noise Reduction in the Areas Surrounding Main Roads. City and Land-Use Planning: Collection of scientific and technical articles. Kyiv, KNUCA, Iss.51, 469-474 (in Ukrainian).
 13. **Priymachenko O.V., 2014.** Analysis of Models of Noise Propagation in Space. City and Land-Use Planning: Collection of scientific and technical articles. Kyiv, KNUCA, Iss.53, 435-439 (in Ukrainian).
 14. **Igor Solukha, 2015.** Intersectional junctions of the main roads in city SRN System (on the basis of Kyiv SRN system). MOTROL, Vol.17, No.08, 53-59.
 15. **Ivanov V.N., Storchevus V.K., 1990.** Ecology and Automobilation. Kyiv, Budivelnik, 129 (in Russian).
 16. **State Construction Norm B.2.3-5-2001,** Streets and Roads of Urban and Rural Settlements. Kyiv, 50 (in Ukrainian).
 17. **State Sanitary Rule 173-96, 1996.** State Sanitary Rules of Planning and Development of Settlements. Kyiv, Ministry of Healthcare of Ukraine, 84 (in Ukrainian).
 18. **Guidelines on Development of the Chapter of Environmental Protection, Project to Construction Norms and Regulations, 1.02.01-85, 1989.** Moscow, TSNII Proekt Gosstroya SSSR, 187 (in Russian).
 19. **State Construction Norm A.2.2.1-2003, 2003.** Composition and Content of the Materials of Evaluation of Environmental Pressures (EEP) in Designing and Building Enterprises, Houses and Constructions. Main Principles of Design. Kyiv, Derzhbud Ukrainy, 19 (in Ukrainian).
 20. **State Construction Norm B.1.1-31:2013, 2013.** Protection of Territories, Houses and Constructions from Noise. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 75 (in Ukrainian).
 21. **State Standard of Ukraine DSTU-H Б В.1.1-33:2013, 2013.** Directive on Engineering and Design of Noise Protection of Residential Areas. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 42 (in Ukrainian).
 22. **Ustynova I., 2015.** Theoretical principles of wave urbanistics. Underwater Technologies, Vol.01, 33-42.
 23. **Shilova T.O., 2005.** Analysis of acoustic conditions in Kyiv. City and Land-Use Planning: Collection of scientific and technical articles. Kyiv, KNUCA, Iss.20, 392-396 (in Ukrainian).
 24. **Bystriakov I.K., Shilova T.A., 1991.** Estimation of paths of transport noise propagation when designing territorial integrated nature preservation systems. Abstracts of the reports of the All-Union Scientific and Technical Conference "Improvement of City Acoustical Environment: Development and Construction Methods". Sevastopol, 22-24 (in Russian).
 25. **Priymachenko O.V., 2017.** Model for effectiveness evaluation of planning measures for protection of areas surrounding main roads from the influence of environmental pressures on the Kyiv main road network. Underwater Technologies, Vol.05, 67-73.
 26. **Osypova H.L., 1993.** Noise protection in city planning. Designer Handbook. Stroyizdat, 96 (in Russian).
 27. **Samoiliuk E.P., Denysenko V.I., Pylypenko A.P., 1981.** Noise control in population aggregates. Kyiv, Budivelnik, 144 (in Ukrainian).
 28. **Priymachenko O.V., Shilova T.A., 2017.** Determination of limits for acoustical pollution from main roads at the stage of urban area zoning. Underwater Technologies, Vol.07, 49-56.
 29. **Priymachenko O.V., Kobzar O., 2018.** Methodology of studies for selecting engineering decisions in territory planning international scientific journal, Vol.1(1), 17-25.

Методология управления экологическим состоянием примагистральных территорий

Алексей Приймаченко

Аннотация. В статье рассмотрены основные проблемы, связанные с исследованием и разработкой методологических основ эколого-градостроительного регулирования процессов функционирования и развития магистральной улично-дорожной сети под влиянием экологических нагрузок от транспортных потоков и внешних факторов.

Необходимость разработки информационного обеспечения, научных исследований, научно обоснованных комплексных решений и методов выбора вариантов планирования и управления магистральными территориями является главной задачей исследования по созданию моделей управления экологическим состоянием и определения эффективности эколого-градостроительного регулирования процессами функционирования и развития примагистральных территорий, разработки моделей поперечных профилей магистральной улично-дорожной сети с возможностью установки размеров примагистральных территорий для обеспечения уменьшения влияния экологических нагрузки в жилой застройке и методов их эффективной защиты.

Ключевые слова: экологическое состояние городской среды, магистральные территории, экологические нагрузки.

Progressive Technologies in Design of Town Planning and Landscape Recreational Objects Made of Floating Modular Elements

Nadiia Shebek ¹, Oleksandr Olkhovets ²

Kyiv National University of Construction and Architecture
Povitroflotsky avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03037

¹n-sh@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6038-3945

²sanja_ol@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9885-8723

Received 05.04.2019, accepted after revision 16.06.2019

<https://doi.org/10.31493/uwt1909.1901>

Abstract. The article outlines the major research areas on the problem of the water area exploitation in town planning, as well as progressive trends in the design of floating residential, public, production, recreational buildings and facilities. The latter include the forming of aquatorial spatial structures, such as floating town planning and landscape recreational objects.

It has been acknowledged that man-made archipelagos are feasible to be assembled of unified modular elements produced in a big number of copies by industrial enterprises, which implies their high quality and relatively low cost. Such elements are transported to their location of use through waterways, which makes their shipment significantly cheaper. During the operation, floating structures, if necessary, are capable of changing their function, size, configuration and location. Their damaged elements can be quickly substituted with the new ones, while unsuitable for further use fragments may be adjusted to other needs or recycled.

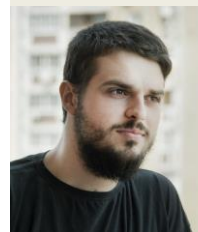
Floating modules must meet specific requirements that apply to mobile buildings and facilities. Among them, the requirements of technological effectiveness of production, transportation efficiency, autonomous operation, adaptation to extreme operating conditions. In addition, expectations for their reliability, efficiency and environmental friendliness are increasing.

In order to program the life cycle of floating town planning and landscape recreational objects it is suggested to use progressive technologies of building information modeling. BIM-technologies are an efficient means of collective creation, processing and storage of information for the whole



Nadiia Shebek

Head of the Town Planning department
Doctor of Architecture, Prof.



Oleksandr Olkhovets

Master of Architecture

lifecycle object. Their use has a positive effect on the indicators of efficiency, performance, cost and safety of construction, logistics and operation of the object. The use of BIM-technologies avoids most of the errors at the design stage and make the necessary corrections during the implementation of the intention. The principle of parametricity, realized in the BIM-environment, influences all the sections of the draft, which to some extent guarantees accuracy in the development of a design solution.

Keywords: floating modular elements, town planning and landscape recreational objects, technologies of building information modeling.

INTRODUCTION

Since ancient times, people settled near rivers, lakes, seas and oceans. The increase in the number of coastal cities' inhabitants gradually

led to overpopulation. In the search of new living space nearby traditional places of civic engagement, their inhabitants built artificial embankments and islands, settled on redeveloped vessels in town canals, fabricate pontoon buildings and structures, that is, water surfaces have been colonized in various ways.

Discouraging prospects of the ocean level rise due to global warming imply the flooding of existing settlements, which will lead to losing a considerable number of places of residence during the next decades. The probable threat only accelerates the rate of coastal areas urbanization.

Contamination of world's waters with an incredible amount of waste is becoming an urgent challenge for the global community. It causes the need for floating waste recycling enterprises, capable of coping with the litter islands drifting in the oceans, as well as with microplastic and other hazardous substances which threaten the existence of various water bodies' flora and fauna. These kinds of garbage, like all other, can be considered as the sources of raw materials and energy for the construction and operation of sanitation floating settlements.

Humanity is attracted to other, previously unattainable, ocean resources. In particular, there is a reason for the construction of industrial-mining complexes, aimed at finding and extracting useful substances from the water and bowels of the earth.

Recreational complexes located on and under the water address different tourists' needs, including diving, passive recreation and sanitation on the water surface, extreme activities with the use of various water craft etc.

Neutral waters can shelter people who are eager to isolate themselves from the society. In floating sociopolises, unrestricted by certain countries' legislation, volunteers can conduct social experiments on innovative ways of social organization.

Finally, the absolute majority of the water spaces of the planet is still unexplored. Thus, there is a need for research stations, which would allow to constantly monitor the life of the oceans while living in comfortable conditions directly at the places of research and

changing location in accordance with the natural movement of ocean currents.

Problems relating to the overpopulation of the shores, the threat of coastal areas flooding, the ocean water contamination, hope for getting the access to new sources of various resources, craving for adventures and innate curiosity urge the society to master the water. Scientific progress and the rapid build-up of technological potential have made the long-cherished dream of humanity achievable. As a result, designers of various specialties face the task of developing realistic mechanisms for penetration into a new, previously uninhabitable aquatic environment.

ANALYSIS OF PREVIOUS STUDIES

Many futurologists consider water space as the most promising location for the development of new settlement forms [1-3]. Urbanization of water areas is gaining more and more supporters among scientists [4-8] and practicing architects [9-11] every year. Ukraine has quite large water bodies, therefore scientists of the country reflect on the problems and prospects of river, lake and reservoir development [12-15], while young Ukrainian architects suggest alternative ways of water spaces use [16-18]. These researches confirm the relevance of the chosen topic, define the strategic goal of water areas urbanization and describe the tasks which must be solved to achieve it.

The history and current trends in the design of mobile buildings and structures are discussed in works [19-23]. Progressive technologies of design and life management of architectural and urban objects are described in the works [24, 25]. Statistics on the use of prefabricated objects from modular elements is presented in the study [26]. The results of these studies are useful for developing efficient methods of design, produce and operation of aquatorial spatial structures.

In this study, it is first proposed to combine the most interesting of these ideas in order to outline the main areas of programming the life cycle of town planning and landscape-recreational objects from floating modular elements.

RESULTS AND DISCUSSION

In the modern world, the practice of using floating buildings and structures of various purposes is quite common. Such objects are of interest primarily because of their singularity, however, they have more significant advantages as compared with the ground-based, both stationary and mobile architectural creations. For example, the problems of land lease do not disturb their owners. They are not burdened with the preparation of bases and the construction of foundations. Powerful vehicles are not needed to move the buildings on pontoons. The efficiency of energy production from renewable sources increases on the water surface. It is more comfortable for people to withstand the summer heat near the water. A wide range of entertainment is associated with water. Contemplation of water soothes and creates prerequisites for restoration of emotional balance. Beautiful landscapes are always surrounded by mobile artificial islands. The water bodies themselves attract a human's eye, so any architectural creations on their surface automatically fall into the center of universal attention.

These and other positive features of aquatic architectural objects testify to their extraordinary town planning and landscape recreational potential, which today is not used to the full extent. In particular, predominantly single monofunctional floating formations operate in different parts of the world. Most of them are privately owned and have little effect on the lives of local people. However, many proposals on the organization of significant in size and complex in design water spatial structures have been developed at the conceptual level. Among them, aquapolis, temporary settlements for migrants, floating recreational complexes and so on.

This year, students of the Town planning department of KNUCA explored two in principle new directions for the use of floating buildings and structures. In I.V. Basak's master's thesis, the feasibility of widening the public areas of coastal towns at the cost of interconnected aquatorial structures capable of changing their location in accordance with the

season, current needs of the residents and specific conditions is well founded. The main theoretical foundations of the work are realized in the project of the floating islands complex on the Dnipro River in the city of Kyiv (Fig.1). In K.S. Balanda master's thesis, it is suggested using mobile floating modules for tourist services on the floating routes along plain rivers and developed two types of recreational units for short and long stay on the tourist route along the Desna River in Chernihiv region (Fig.2). In both cases, it is suggested to create town planning and landscape recreational aquatorial megastructure capable of flexible reaction to the needs of visitors and operating conditions.

Water spatial structures, such as floating town planning and landscape recreational objects, are formed through a purposeful combination of numerous mobile buildings and structures of various purposes. For the production aquatorial megastructures it is feasible to use mountable-dismountable modular units. The application of highly productive methods of their manufacture, implementing the logical sequence of operations, the use of unified elements and joints allows to shorten the time of floating structures' elements production, minimize expenditures and provide the high quality of a final product.

It is necessary to strive for the most rational use of space in floating town planning and landscape recreational objects. For example, instead of designing floating parks, one should consider roofs and facades greening and buildings on pontoons.

The safe operation of floating modular structures can be achieved through dividing them into sealed compartments. Special attention should be paid to the basements of floating structures. The use of pontoons allows locating floating objects in areas with changeable water level. Floating modules can be equipped with self-retracting piles capable of cutting into the bottom automatically. The system of anchors can also be used.

Another important issue is the design of constructive systems which allow to stabilize modules on water surface and provide appropriate rigidity, hardness and the tightness of

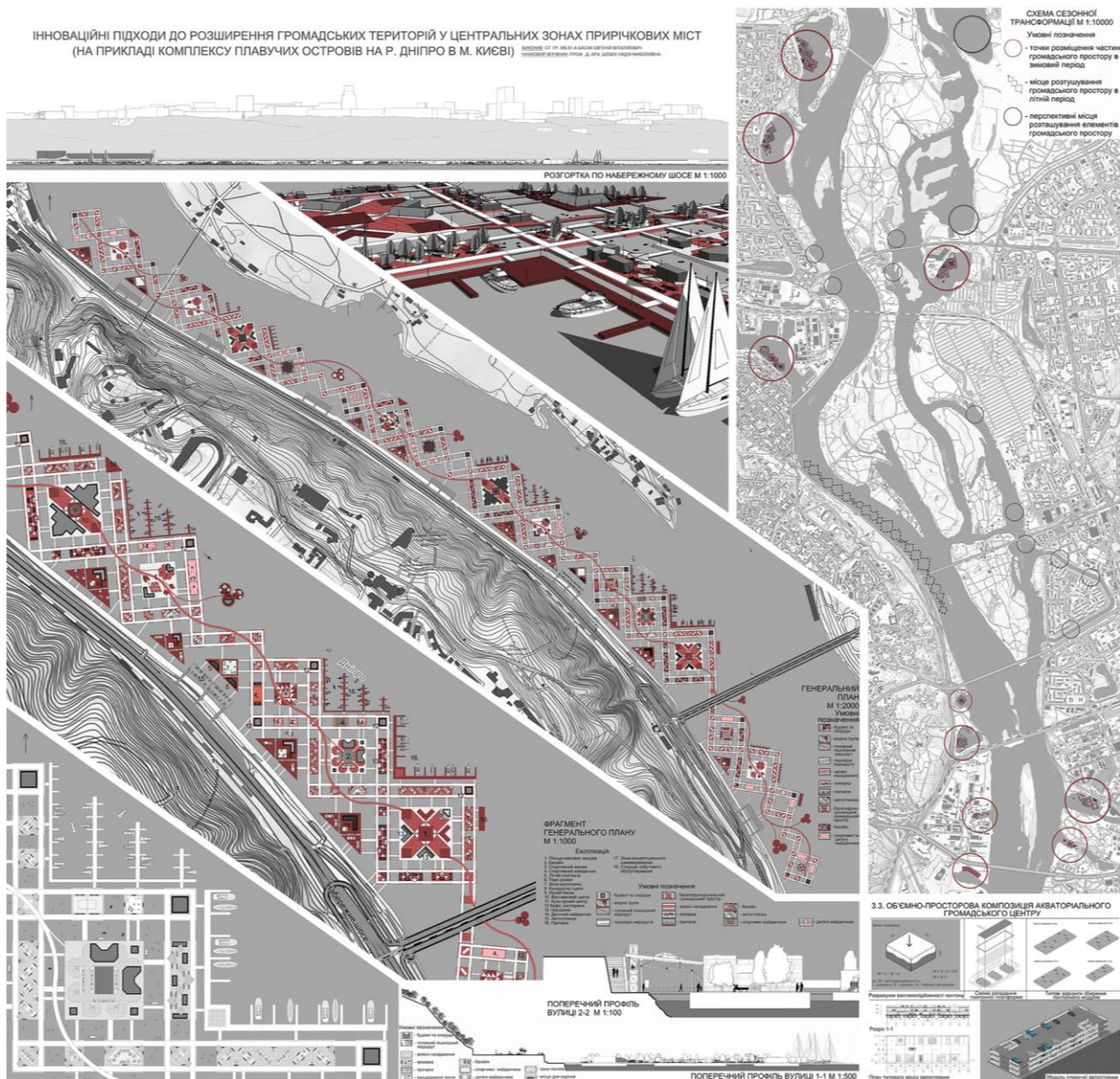


Fig.1. The project of the floating islands complex on the Dnipro River in the city of Kyiv, student I.V. Basak, head Professor N.M. Shebek: 1 – scanning along Naberezhna Highway, 2 – master plan, 3 – fragments of the master plan, 4 – seasonal transformation scheme, 5 – transverse street profiles, 6 – floating modules

structure under the conditions of severe frost, ice drift, hard wind, storms, thunders and other extreme weather conditions.

The mechanisms of floating modules' adaptation to the changes in operation conditions through the transformation of a floating archipelago's general configuration and the changes in separate fragments' functions have to be foreseen in advance. Much attention should be paid to the programming of utilization, recycling and secondary use of modules methods.

While developing aquatorial spatial structures one has to consider both productive and operating requirements. For instance, the minimization of separate modules' size will allow rationalizing the process of their transportation. The compactness of floating spatial structures' forms will lead to the shortening of distances between their main elements and improve the comfort of visitor. The maximum use of natural lighting will result in the expenditures on electricity reduction.

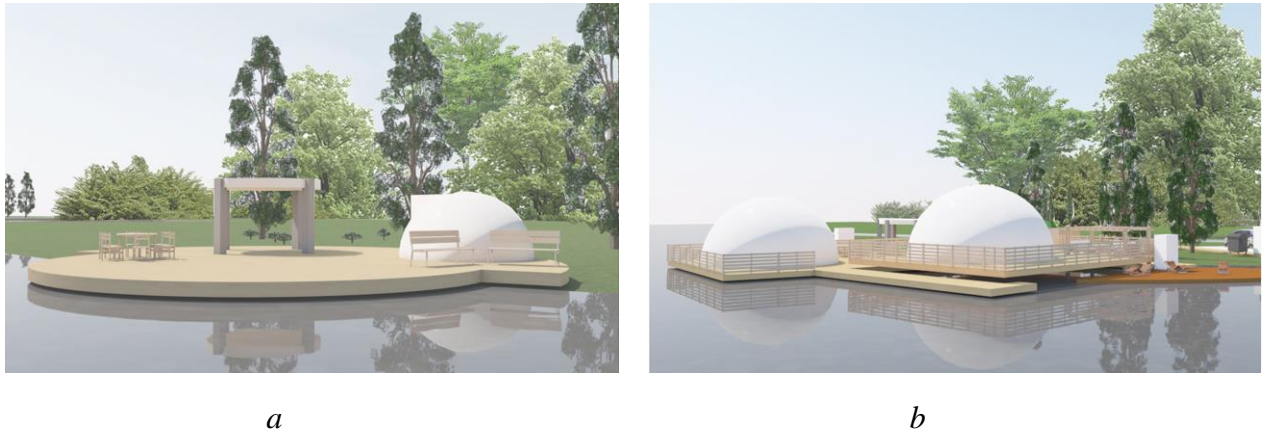


Fig.2. Project of recreation modules on the tourist route along the Desna River in Chernihiv region: *a* – for short stay, *b* – for long stay, student K.S.Balanda, heads Professor N.M. Shebek, Associate Professor M.E. Tretiak

Floating modular structures should be characterized by high resource efficiency. Buildings on pontoons can be organized on the principle of a passive house, made of sustainable and climate-resistant materials, equipped with devices for water reuse. Installations for the composting of household waste should function there. Meanwhile, it is necessary to make any negative influence of artificial objects on natural environment impossible.

The key task of designing floating modular objects is the possibility of obtaining resources from the external environment. First of all, it is water resources, wind and solar energy.

Floating structures should be equipped with rainwater collection facilities, filtration and refinery devices for the use of freshwater or desalination plants in the event of the placement of an aquatic settlement in seas and oceans. It is necessary to use heat pumps for heating the floating structures. There is a possibility of integrating solar panels, portable wind and hydropower plants into aquatorial structures. In this case, the production of wind and solar energy is particularly effective, since floating islands are open to all winds and have a large area, and solar panels on the modules' roofs of the are not overshadowed.

Rapid technological progress has positively influenced the development of all spheres of human activity, including construction and architecture. New methods of architectural and engineering design of buildings and structures have appeared, the quality of the final product

has grown, and the risks of the participants in the construction process have partially decreased. The negative impact of the human factor has been reduced thanks to technologies that minimize the likelihood of making mistakes in design and construction. The productivity of the construction industry has undergone growth due to the gradual development of two digital technologies, namely:

- digital automation of product development and product manipulation, including the use of computer numerical control equipment (CNC) and the introduction of automated design systems (CAD);
- digital integration of information exchange processes in 3D models of architectural objects, or building information modeling (BIM).

The use of the latest information technologies' potential by developers, manufacturers and consumers of floating town planning and landscape recreational objects promises a significant socio-economic effect. CNC machines allow performing actions that are expected of them with absolute precision. The use of CNC at the production stage is an effective method of manufacturing and assembling the elements of the modules, especially in cases when it is necessary to achieve tightness of the connections and completely eliminate errors caused by the human factor. Building information modeling is an efficient means of accumulating and using of a huge amount of various data on architectural and town planning facilities at

all stages of their existence by all interested parties.

The building information model can be described as a three-dimensional virtual model of an architectural and town planning object, supplemented with data on all stages of its life cycle. In the process of creating such a model the tasks of the customer, the existing standard requirements for a specific type of buildings, construction conditions are taken into account. All the necessary information about building materials, products and constructions, engineering systems and security systems, and other data, which allows the final product to be more efficient, is entered into a model.

BIM-technologies are based on the principles of parametric modeling. Changing the parameter of one element automatically causes a transformation of the structure as a whole, since, for example, the load from the changed element will not remain the same, which will affect the calculated model. Therefore, BIM-technologies will allow into interconnect all the components of each floating spatial structure in the virtual environment, regardless of their physical location.

Thanks to the joint use of one model by all participants of the design process, their cooperation becomes more comfortable and its efficiency improves. Architects' productivity increases, contractors can reduce construction time and expenditures, and owners can quickly make suggestions and comments, and get a response in real time.

Floating modular structures may be self-movable or transported by means of transport. The methods of their transformation include unplugging and connecting the modules, protruding, rotation and displacement of the module's parts along the guides, removing the partitions.

The information on the logistical operations is entered into the building information model of any aquatic structure, which allows calculating economical effect, possible expenditures and negative consequences efficiently and precisely.

Another task is to develop the diagnostic methods for the state of artificial islands and environmental parameters. Modules must be

equipped with temperature, moisture, oxygen, pressure and other sensors, etc. The sensors should be connected to the system which controls and manages the processes of living environment's adaptation of to the environmental parameters.

Information modeling of processes gives an opportunity to foresee problems during the construction and operation of objects, to realize their influence on the schedule of works and to find the best ways of correction of the situation. The benefits of such an opportunity are evident for mobile settlements that will function in the oceans at considerable distances from civilization.

The high level of production automation, as well as constant monitoring and maintenance of the floating structures' operational parameters due to the integration of digital technologies into the physical space will reduce the likelihood of production or management problems caused by the negligence or the lack of competence of a specific employee.

Finally, BIM technologies can be used for automated control of fully robotized floating modular production complexes, the main purpose of which will be the removal of plastic waste from the water objects and its recycling into raw materials needed for the production of floating modules.

The operation of such structures can be imagined as a continuous process, which begins with the collection, sorting, chemical and mechanical processing of plastic rubbish with the aim of its purification and shredding. An intermediate stage in the processing of secondary raw materials is the manufacture of plastic granules, from which it is possible to manufacture plastic products further by pressing or extruding them into separate final products, or processing into fibers or using granules themselves as filler for a specific shipbuilding concrete.

The final stage of the production process may be the manufacturing of floating modules, equipment for them, and household items for the residents of floating villages, advertising products and branded goods.

The addition of recycled polyethylene terephthalate (PET), which is currently widely

used for the production of packaging materials and is actively polluting the environment, in the compound of composites positively affects the performance of the latter.

Such production does not require the immediate involvement of a person, and therefore can be completely robotic. This approach to production will allow creating industrial pontoon structures that will be able to produce new pontoons from the non-refined rubbish with minimal use of new resources.

The introduction of BIM-technologies in architectural and urban planning practice creates prerequisites for the development of advanced projects, the use of effective methods of their implementation and operation. The future of modular constructions depends largely on the development of BIM-technologies. The implementation of modern digital methods can also positively affect the spread of town planning and landscape recreational objects made of floating modular elements.

CONCLUSIONS AND PROSPECTS OF FURTHER RESEARCHES

The research on previous studies showed a steady increase in the scientists' interest in the problems of water areas urbanization. The number and typological diversity of objects that successfully operate in fresh and salt-water areas, in settlements and beyond them is increasing every year. These are residential, public, industrial buildings and structures, artificial recreation spaces, transport and engineering structures.

Floating town planning and landscape recreational objects have many common features with mobile buildings and structures, so they must fully meet the specific requirements that are imposed on them.

At the same time, the constant contact with water certain features into the processes of their design, manufacturing, operation, maintenance, renovation and utilization. In particular, the requirements for their reliability, autonomy, compliance with the most stringent environmental standards are increasing.

All this leads to the expediency of application building information modeling advanced technologies in the programming process of the floating town-planning and landscape-

recreational objects' life cycle. BIM-technologies increase the efficiency of the processes of creating, processing and accumulating information about floating structures; increase efficiency, productivity and safety of construction, reduce production, logistics and operating costs, and avoid many errors at the design and implementation stages of the design intent.

The priority development directions of the floating town-planning and landscape-recreational objects in Ukraine include the research laboratories' network formation that will explore the problems and methods of natural and artificial reservoirs and watercourses rehabilitation; additional territories creation for mass events carrying out and inhabitants' in coastal settlements communication; recreation and sanitation centers organization in conditions of direct interaction with the healing precious environment.

A significant socio-economic effect will be achieved provided an architect's rise of creative imagination in combination with advanced engineering developments, precise calculations and leading informational technologies. It can be used in various spheres of society's life due to modest value, high quality and mass production of modular elements, of which should consist of floating town-planning and landscape-recreational objects. Reducing the "human factor" weight at each stage of such objects' life cycle significantly increases its reliability.

Autonomy, environmental friendliness and mobility of such architecture allow it to be used effectively in the historic urban environment, as well as in remote places of civilization without any harm to the environment. Significant variability of the volume-spatial solutions of individual modules and the unlimited combinatorial decisions of structures made of them will preserve the artistic expressiveness of such objects.

REFERENCES

1. **Velev P. S., 1985.** Cities of the Future. Stroyizdat, 160 (in Russian).
2. **Таке К., 1976.** The Architecture of Japan. Tradition and Modernity. Progress, 239 (in Russian).
3. **ArchiLab's Urban Experiments: Radical Architecture, Art and the City, 2005.** Thames &

- Hudson, Mori Art Museum, 368.
4. **Shebek N. N., Chernyatevich N. G., 2015.** The Main Directions of Research the Problem of Urban Development of Water Areas. Trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Arhitektura i stroitel'stvo Kazahstana v uslovijah global'noj integracii. KazNTU im. K.I. Satpaeva, 146-150 (in Russian).
 5. **Sadykov M.O., 2009.** Conceptual Modelling of a Floating City. Arhitekton: Izvestija vuzov, UGAHU, Vyp.26, 8 (in Russian).
 6. **Smirnova O.V., 2016.** Water Devices as Means of Formation of Innovative Nature Integrated Buildings in Urban Environment. Komunal'ne gospodarstvo mist. Serija: Tehnichni nauki ta arhitekturi. Vyp.132, 25-30 (in Russian).
 7. **Rodina O. A., 2016.** Features of Architectural and Typological Formation of Landing Stages (on the Example of the Volga-Kama Basin). Dis. ... kand. arh. 05.23.21 – Arhitektura zdanij i sooruzhenij. Tvorcheskie koncepcii arhitekturnoj dejatel'nosti. NGASU, 200 (in Russian).
 8. **Ekonomov I. S., 2010.** Principles of Formation of Low-rise Residential Buildings on the Water: avt. dis. ... kand. arh. 05.23.21 – Arhitektura zdanij i sooruzhenij. Tvorcheskie koncepcii arhitekturnoj dejatel'nosti, MARHI, 37 (in Russian).
 9. **Basak I. V., 2019.** Theoretical Prerequisites of the Location of Urban Public Centers in Water Areas. Regional'na politika: istorija, politiko-pravovi zasadi, arhitektura, urbanistika, Vyp.IV, Ch.1, 156-159 (in Ukrainian).
 10. **Ruban L., 2016.** Underwater Urban Studies: Modern Issues and Trends. Underwater Technologies, Vol.03, 54-65 (in Ukrainian).
 11. **Gryshyn V., Gembarskyi L., Snisarenko V., 2015.** Existing and Projected Artificial Islands and their Purpose. Underwater Technologies, Vol.02, 32-39 (in Ukrainian).
 12. **Kushnirenko M., 2009.** Problems of Urban Using Coastal Areas of the Dnipro Reservoirs. Dosvid ta perspektivi rozvitku mist Ukraini, Vyp.17, 94-113 (in Ukrainian).
 13. **Chernyatevich N. G., 2016.** Floating Bases of Aquatorial Settlement. Suchasni problemi arhitekturi ta mistobuduvannja, Vyp.46, 351-356 (in Ukrainian).
 14. **Shebek N. M., Chernyatevich N. G., 2015.** Prospects for the formation and development of aquatorial settlement systems in Ukraine. Dosvid ta perspektivi rozvitku mist Ukraini, Vip.29, 94-105 (in Ukrainian).
 15. **Shebek N. M., Dragomirova G. A., 2017.** Urban Development Potential of Water Bodies and Adjacent Territories. Regional'na politika: istorija, politiko-pravovi zasadi, arhitektura, urbanistika. Beskidi, Ch.2, 19-24 (in Ukrainian).
 16. **Shebek N. M., 2016.** Perspective directions of water areas urbanization. Suchasni problemi arhitekturi ta mistobuduvannja, Vyp.46. 356-361 (in Ukrainian).
 17. **Balanda K. S., 2019.** Architectural-planning Organization of the Rafting Route along the River Desna in Chernigiv Region. Mistobuduvannja: problemi i perspektivi rozvitku, KNUBA, 26 (in Ukrainian).
 18. **Basak I. V., 2019.** Prospects for the development of innovative communities on the waters in the central zone of Kyiv. Mistobuduvannja: problemi i perspektivi rozvitku, KNUBA, 27-28 (in Ukrainian).
 19. **Gajduchenja A. A., 1983.** Dynamic Architecture: Main Directions of Development, Principles, Methods. Budivel'nik, 96 (in Russian).
 20. **Saprykina N. A., 2005.** Basics of Dynamic Morphogenesis in Architecture. Arhitektura-C, 312 (in Russian).
 21. **Shemsedinov G. I., 2007.** Designing Mobile Buildings. KNUBA, 144. (in Ukrainian)
 22. **Gorbatenko E., Bratasyuk I., Sharov V., 2015.** Mobile building is in coastal hydraulic engineering. Underwater Technologies, Vol.01, 23-32 (in Ukrainian).
 23. **Smith R. E., 2010.** Prefab Architecture: a Guide to Modular Design and Construction. New Jersey, 402.
 24. **Salman Azhar, Abid Nadeem, Johnny Y.N. Mok, Brian H. Y. Leung, 2008.** Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects. First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I). Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice.
 25. **Ratti K., Klodel M., 2018.** City of Tomorrow: Sensors, Networks, Hackers, and the Future of Urban Life. Izd-vo inst-ta Gajdara, 248 (in Russian).
 26. **Keith F., 2011.** Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry, 56.

Прогрессивные технологии проектирования градостроительных и ландшафтно-рекреационных объектов с плавучих модульных элементов

*Надежда Шебек,
Александр Ольховец*

Аннотация. Рассмотрены основные направления исследований проблемы градостроительного освоения акваторий, а также прогрессивные тенденции проектирования плавучих зданий и сооружений жилого, общественного, производственного и рекреационного назначения. К последним отнесены формирование значительных по размеру и сложных по строению акваториальных пространственных структур – плавучих градостроительных и ландшафтно-рекреационных объектов.

Признано, что искусственные архипелаги целесообразно собирать из унифицированных модульных элементов, которые изготавливаются большими тиражами на промышленных предприятиях, что обуславливает их высокое качество при относительно низкой стоимости. Они транспортируются к местам использования водными путями, что позволяет существенно удешевить их перемещение в пространстве. В процессе эксплуатации, при необходимости, плавучие структуры способны изменять функциональное назначение, размер, конфигурацию и местоположение. Их поврежденные элементы могут быть быстро заменены новыми, а непригодные для дальнейшего использования фрагменты приспособлены для других целей или

отправлены на вторичную переработку. Плавучие модули должны отвечать специфическим требованиям, предъявляемым к мобильным зданиям и сооружениям. Среди них – требования технологичности производства, эффективности транспортирования, автономности функционирования, приспособленности к экстремальным условиям эксплуатации. Кроме того, растут ожидания относительно их надежности, экономичности и экологичности.

Для программирования жизненного цикла плавучих градостроительных и ландшафтно-рекреационных объектов предложено применить прогрессивные технологии строительно-информационного моделирования. ВИМ-технологии представляют собой эффективные средства коллективного создания, обработки и накопления информации в течение всего жизненного цикла объекта. Их использование положительно влияет на показатели оперативности, производительности, стоимости и безопасности строительства, логистики и эксплуатации объекта. Использование ВИМ технологий позволяет избежать большинства ошибок уже на стадии проектирования и вносить необходимые правки во время воплощения замысла. Принцип параметричности, реализованный в ВИМ-среде, влияет на все разделы проекта, в определенной степени гарантирует точность при разработке проектного решения.

Ключевые слова: плавучие модульные элементы, градостроительные и ландшафтно-рекреационные объекты, технологии строительно-информационного моделирования.

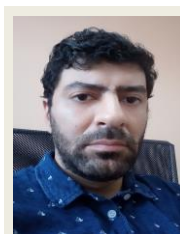
Градостроительные аспекты архитектурной организации инновационных парков

Голамали Каземи Лари

Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский проспект 31, Киев, Украина, 03680
alikalazemilari@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4094-073X

Получено 04.06.2019, принято после просмотра 16.06.2019
<https://doi.org/10.31493/tit1909.1902>

Аннотация. Рассмотрены градостроительные аспекты формирования инновационных парков (ИП). На основании проведенного анализа предложены централизованные, павильонные, блочно-концентрированные схемы объёмного решения в зависимости от крупности предприятия. Также рекомендуются концепции формирования ИП в соответствии с градостроительными и топографическими условиями в виде центральной, линейной, спутниковой, свободной и квартальной схем. При этом определены показатели размещения различных функциональных групп в составе ИП, а также организация ИП по виду деятельности в составе городской застройки. Установлены основные методы расположения функциональных зон (концентрационные и конфигурационные) и комбинации данных методов. При этом рекомендованы их более благоприятные сочетания для применения в процессе проектирования ИП. Определены способы расширения ИП за счёт заранее предусмотренных резервных территорий, что позволяют грамотное развитие инновационных предприятий соблюдая модульную систему территориальной и конструктивной организации. Предложены композиционные способы реконструкции и расширения комплексов ИП для создания динамической эстетики. Помимо того, рекомендованы наиболее рациональные схемы для организации внешних и внутренних транспортных путей, а также объёмно-планировочные решения для основных функциональных блоков в инновационных парках. Рассматриваются разные климатические слои городской среде. Проведены рекомендации по созданию микроклимата ИП включая регулирование пропорции зелёных и



Голамали Каземи Лари
аспирант кафедры Архитектурного проектирования гражданских зданий и сооружений

водных зон, грамотное расположение по отношению к селитебной зоне, водным ресурсам и господствующим ветрам, а также правильные конфигурации зданий и сооружений промышленного характера, являющихся источниками вредных побочных продуктов. Рассмотрены требования по организации общественных центров второй (дома культур, библиотеки, кинотеатры, клубы, спортивные центры и т.д.), третьей (музеи, выставки, крупные зрелищные залы, административно-хозяйственные здания и т.п.) и четвёртой степени посещаемости (курорты, загородные базы отдыха) на территории и по близости ИП.

Ключевые слова: инновационное предприятие, инновационный парк, научно-исследовательский центр, функциональные блоки, функциональные зоны

ВВЕДЕНИЕ

Поскольку территориальная ограниченность влияет на крупность и вид архитектурного формирования инновационных предприятий, определение схем объёмно-пространственного решения помогает рационально размещать элементы *инновационного парка* (далее ИП). Таким образом, в

соответствии с существующими градостроительными условиями можно применять подходящие заранее предусмотренные стандартные схемы.

К градостроительным факторам следует отнести образование городских агломераций на базе крупных городов, которые являются местами концентрации научных учреждений. Интеграция ИП в городской застройке выявляется такими показателями: плотностью застройки и территориальной возможностью (площадью свободного участка для построения ИП); концентрацией человеческого ресурса (учёные и специалисты); степенью экологичности ИП [5, С.70-82].

Формирование ИП с нуля, в большинстве случаев в крупных проектах экономически рискованно. Организация внегородских инновационных парков оправдывается тогда, когда в регионе существуют успешные инновационные предприятия и города, у которых исчерпаны возможности внутреннего развития, а запросы на технологические нововведения возрастают. Однако, для формирования или расширения научно-производственных центров в качестве основных элементов, составляющих инновационные парки в городской среде и на границе города следует учитывать ландшафтные и санитарно-гигиенические условия территории, резервные участки и возможность трансформации, обеспеченность культурно-бытовыми объектами, транспортные и инженерные сети. Вокруг городов (преимущественно больших) формируются пригородные зоны – загородные территории, необходимые для функционирования и развития городов. Величина пригородных зон увеличивается с ростом городов и составляет, как свидетельствует градостроительная практика, для городов от 100 до 500 тысяч жителей порядка 20...25 км; для городов от 500 тысяч до 1 миллиона жителей – 25...30 км; свыше 1 миллиона жителей – 35...50 км [7, С.23]. Эти мало развитые зоны обладают базовой инфраструктуры, подходящей для размещения инновационных парков. Кроме того, основные направления планировочной организа-

ции природных территорий вызывает соблюдение правил, реализация которых внедряется с помощью аркологических (архитектурно-экологических) концепций инновационных парков. По словам Потаева [7, С.26] эти правила заключаются в:

- концентрации застройки на ограниченных территориях и создание природоохранных территорий с режимами запрещения, и ограничения хозяйственного использования;

- обеспечении территориальной взаимосвязанности всех видов природоохранных территорий путём формирования линейных и линейно-узловых пригородных природно-ландшафтных структур, территориально взаимосвязанных с городскими озеленёнными территориями;

- обеспечении относительно равномерного размещения вокруг города крупных природно-ландшафтных комплексов, выполняющих рекреационные и природоохранные функции;

- обеспечение возможности территориального роста и развития природоохранных территорий по мере роста города.

Соответственно в малых городах и на периферии крупных городов и поселков, благодаря уже образовавшейся инфраструктуре и базе общественного обслуживания с одной стороны и наличию свободных участков с другой, создаются благоприятные условия для формирования ИП. Эти условия способствуют организации первоочередного строительства, сокращению его стоимости и ускорению срок сдачи зданий и сооружений в эксплуатацию [14, С.138]. Несмотря на это необходимо предусмотреть способы территориального расширения инновационного центра за пределами проектных границ. Необходимо предусматривать удобные транспортные связи с разных сторон для повышения стратегического значения инновационного парка, а также взаимоотношения с другими инновационными и связанными с ними предприятиями.

Поскольку инновационные парки крупного масштаба включают в себя мультифункциональное значение (индустрия,

коммерция, жизнь и отдых), практически обладают полноценной городской структурой. В этом отношении ключевой отправной точкой является начало двадцатого века, когда французский архитектор Тони Гарнье разработал новаторское предложение для промышленного города. Он был установлен на регулярной ортогональной сетке и включал принципы функционального разделения (работа, общественная жизнь и жилые помещения), а также строгое разделение движения автотранспорта и пешеходов. Предложение Гарнье было новаторским, послужившим образцом для более поздних разработок (таких как новые пригороды Амстердама) и вдохновляющим на творчество модернистского архитектора Ле Корбюзье. На основе этих опытов можно суммировать идею структурирования города, а, следовательно, инновационного парка квартального и городского масштаба следующим образом: необходимо дифференцировать и разделять различные функции и распределять различные элементы в пропорциях, призванных довести до совершенства новые и улучшить существующие города [18, С.14]. Однако в мировом опыте существует ряд противоречивых мнений у ведущих архитекторов. Ф.Р. Райт был сторонником децентрализации и поддерживал рассредоточенную схему формирования города. Джейн Джекобс утверждает, что четыре условий являются необходимыми для формирования большой городской среды: (а) районы должны служить более чем одной основной функции; (б) кварталы должны быть короткими; (в) они должны содержать здания разного возраста и состояния; и (г) должны быть достаточно плотные скопления людей. Кевин Линч (1960) предположил, что граждане имеют общедоступный образ своего города и что изображения городов можно разделить на пять типов элементов: пути, края, районы, узлы и ориентиры. Эти элементы якобы образуют строительные блоки для архитекторов и городских дизайнеров. Кристофер Александр утверждал, что города и, следовательно, «город» могут считаться изна-

чально непредсказуемыми и, следовательно, не планируемыми. [18, С.15-17].

В поиске альтернативой для вышеупомянутых философий необходимо определить влияющие факторы в формировании инновационных парков. Одним из этих факторов является дорожная структура. Для инновационных парков с наличием коммерческого производства присутствие железных дорог, а также морского и речного порта является определяющим фактором. В тоже время необходимо соблюдать санитарно-защитные нормы. Предприятия с чисто экологическими деятельностью помогают повышению санитарных качеств городской среды (например, инновационные парки с ботанической или аграрной сферой деятельности, которые располагаются на территориях, предназначенных для выращивания растений). Следует учитывать, что требование к санитарно-защитной зоне увеличивает необходимую площадь для строительства ИП, поэтому не рекомендуется их располагать в центре больших городов, так как из-за нехватки резервных территорий теряется возможность расширения технопарка.

Несмотря на удобство близости однородных производственных объектов, их комбинация со зданиями других назначений создаёт трудность, так как Научно-производственные процессы создают шум, грязь и вибрации, из-за чего требуются переходные зоны (такие как ландшафтно-природные зоны, парковки и транспортные зоны). Другим решением является расположение менее опасных субгрупп научно-производственного назначения (например, склады, бытовые и административные корпуса) на приближённых территориях относительно объектов соседних функциональных зон ИП.

ИП, активные в промышленных и сельскохозяйственных сферах, главным образом образуются в пределах агломерации города с рассредоточенным размещением. *Научно-исследовательские объекты* (далее НИО) в таких предприятиях имеют различные приёмы расположения относительно производственных предприятий. Если НИО

преимущественно занимается фундаментальными, теоретическими вопросами, тогда он может размещаться независимо от промышленной базы. НИО, занимающиеся непосредственно проблемами промышленности размещаются в составе промышленного района, либо рассредоточено, либо концентрированно. Однако если исследовательская деятельность НИО представляют интерес для широкого круга промышленных предприятий, то ИП образуется на индивидуальной территории, но с ограничением зоны размещения в пределах центрального ядра промышленного ансамбля. Это способствует сокращению продолжительности деловых поездок и создания удобства связей научного коллектива с производственными блоками. В случае, когда исследования направлены на решение узких технических задач, зона возможного размещения научного центра может ограничиваться рамками промышленного района соответствующего профиля [10, С.14-20].

СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ИП В СОСТАВЕ ГОРОДСКОЙ СТРУКТУРЫ

Композиционные решения ИП главным образом формируются разновидностями размещения функциональных зон, которые в зависимости от вида застройки организуются в рамках одного здания, целого комплекса или городка. Определяющими факторами в этом процессе являются топографические особенности, направление развития и транспортные сети. Для ИП в виде здания рекомендуется применение сборных блоков и многофункционального решения помещений. Однако, основной задачей градостроительного плана является размещение крупных комплексов в составе городской структуры. На этом основании рекомендуются следующие композиционные решения (Рис.1):

- центрическая – самое компактное решение для применения в малых и средних технопарках, при территориальном ограничении;

- линейная схема является самой рациональной, позволяет следовать конкретным модульным и конструктивным системам. Однако функциональные блоки парка могут самостоятельно развиваться по своим линейным направлениям и могут образоваться полулинейная-полурадиальная схемы;

- радиальная схема, при которой развитие технопарка идёт по различным направлениям. Реализуется при отсутствии территориальной ограниченности и развитие происходит постепенно вокруг важного научного или инновационного центра;

- свободная схема, которая совершенно спонтанная и рождается в регионах с высоким потенциалом формирования ИП. Причиной являются территориальные, инфраструктурные, топографические и экономические ограничения;

- квартальная схема формируется на не застроенных территориях в отсутствие сложного рельефа и территориальных ограничений. Такая ситуация даёт возможность структурированной композиции.

С целью рационального структурирования ИП следует обращать внимание на основу их происхождения. ИП преимущественно формируются на базе ВУЗов и промышленных сетей [4, С.64]. Для ИП, формирующихся на основе промышленных предприятий рекомендуется линейная схема, так как производственные процессы и территориальное развитие подобных объектов не должны сталкиваться с ответвлением и кривизной пути. В зависимости от территориальных возможностей следует вести несколько параллельных линий по одному направлению, чтобы разделить производственные и исследовательские процессы. Если ИП формируется на базе ВУЗов и Академгородка рекомендуется квартальное решение, что способствует размещению однородных объектов в отдельных кварталах, а также организации связанных друг с другом зданий в соседних кварталах. Исходя из этих же соображений свободная и радиальная схемы не рекомендуются. Центрическое решение следует применить для малых и средних ИП

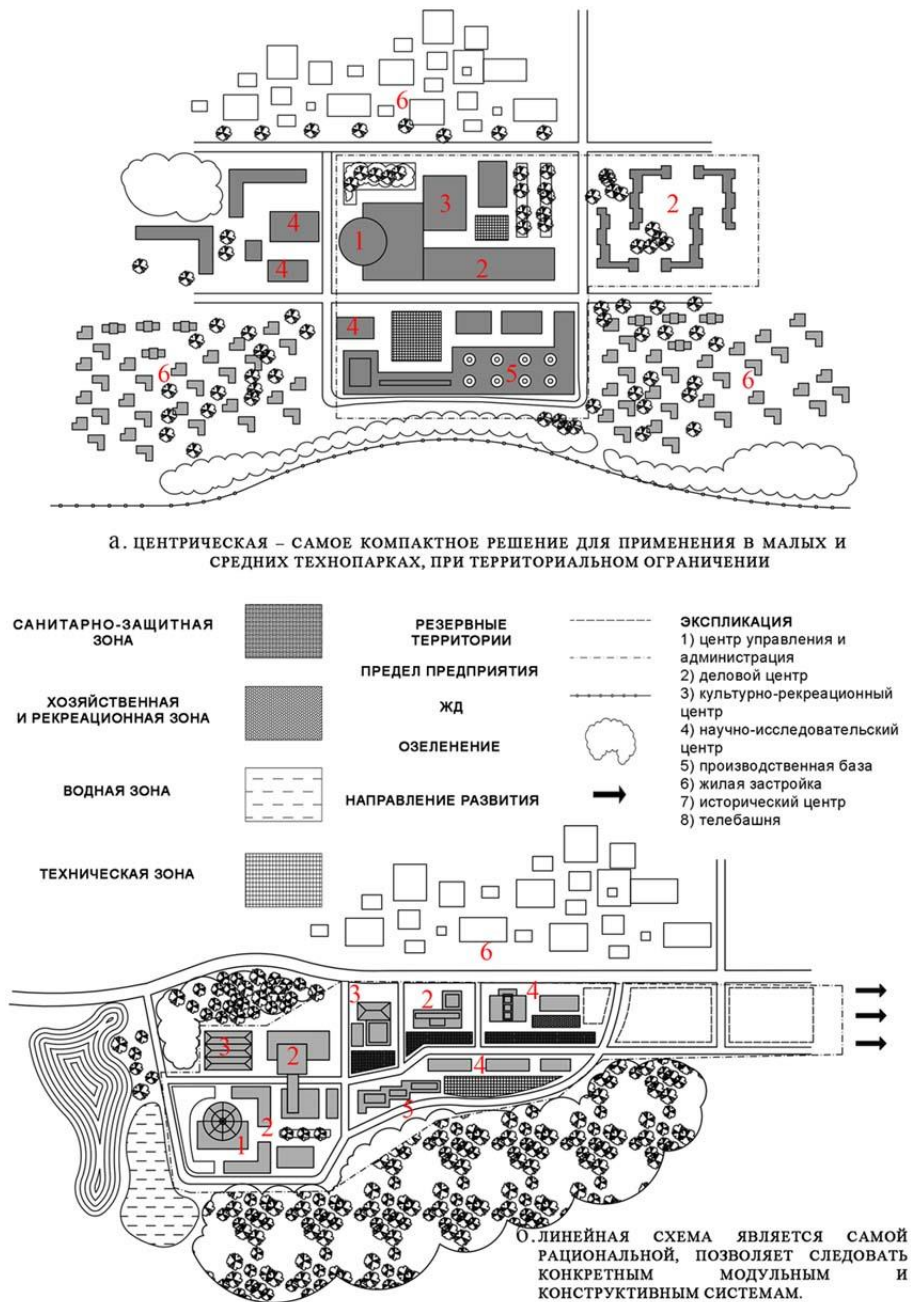


Рис.1 (начало). Предложения по градостроительным схемам формирования ИП
Fig. 1 (beginning). Propositions of urban planning schemes for the IE's formation

городского типа, где развита система услуг и инфраструктура, а также из-за плотной застройки и высокой стоимости земли не целесообразны линейная и квартальная схемы.

ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН

Проектирование ИП, как сложного многофункционального объекта, рекомендуется вести по 3 этапам. Первый этап – определение функциональных зон (далее ФЗ), второй – определение элементов ФЗ, третий – выявление застроенных и незастроенных участков (газоны, спортплощадки, автостоянки и пр.).



Рис.1 (окончание). Предложения по градостроительным схемам формирования ИП
Fig. 1 (completion). Propositions of urban planning schemes for the IE's formation

Зонирование состоит из: научно-производственной; селитебной; офисной; коммунально-складской; внешнего транспорта; и санитарно-защитной зоны [10, С.51]. Функциональное зонирование ИП формируются по следующим особенно-

стям: взаимного расположения элементов; развития (прогресс и регрессии); трансформации.

Первая особенность носит пространственный характер, а вторая и третья связаны со временем. Акцент ИП на разработку

новых технологий (нововведений) является причиной постоянного изменения, так как технология требует нового оборудования и новой организации пространства. Это больше всего влияет на формирование элементов научно-исследовательских и производственных кластеров, учитывая развитие технологии и изменение процессов производства. Общее развитие ИП влияет и на другие кластеры, что приводит к смене сферы деятельности, или просто один объект заменяется другим. Также объекты одного кластера могут реконструироваться для эксплуатации в качестве объектов другого кластера. Таким образом функциональное зонирование находится под влиянием территориальных, технических и технологических особенностей, а также перспективного развития ИП.

Взаимное расположение ФЗ определяется топографическими, конфигурационными и стратегическими особенностями участка, а также характеристиками соседних объектов. Развитие подразумевает габариты оборудования и их требуемые рабочие площадки перед ними, инфраструктуру, подсобные площадки, помещения, здания и сооружения, организацию внутренних и внешних дорожных связей, близость и отдалённость от других объектов по санитарно-защитным и техническим правилам. Перспективное развитие ИП в свою очередь требует запасных площадок и способов развития в отношении с этими площадками.

ФЗ могут располагаться разными способами. Однако все эти способы происходят из сочетания двух групп комбинации: зависящие от конфигурации; зависящие от концентрации (рис.2). В первую группу входят продольное, гребенчатое и централизованное, а вторая группа включает в себя концентрированное, блочное и рассредоточенное развитие. Каждое из этих решений имеет свои преимущества и недостатки.

Поэтому при выборе планировочного решения следует их учитывать в соответствии с целью проекта.

Продольное развитие удобное для равномерного распределения транспортных связей и движения вдоль одной оси. Также для расширения можно добавить параллельные линии, состоящие из самостоятельных блоков. Однако, неравномерный рост ФЗ мешает соблюдению равномерного развития комплексов в рамках прямолинейного направления. Таким образом в процессе расширения ИП, продольную схему предлагается применять для расположения здания с более стабильным процессом развития (офисные и обще социальные). Для расположения зданий с неравномерным темпом развития (производственные и научно-исследовательские) рекомендуется применение модульного решения.

Централизованное решение обеспечивает удобную связь разных компонентов с главным ядром структуры (в данном случае

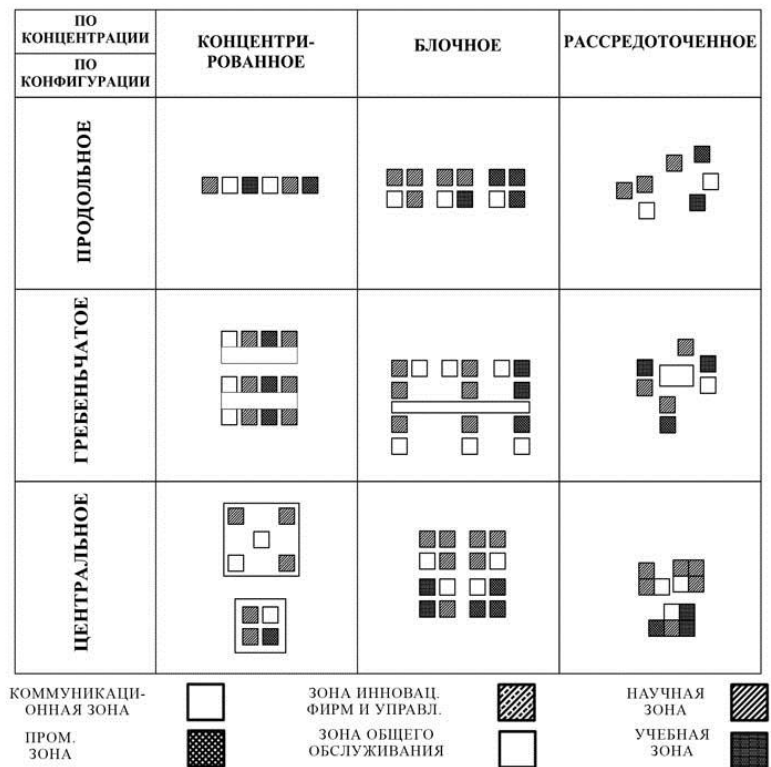


Рис.2. Приёмы организации функциональных зон на территории ИП

Fig. 2. Methods for organizing functional zones in the IE

с центром управления всей ИП). С точки зрения планировочной целесообразности это решение гармонично следует иерархии ФЗ, т.е. с центра к сторонам и образует спутниковую схему. Недостаток этой схемы заключается в развитии ИП по всем направлениям, что может вести к хаотичной планировке. Кроме того, в центральной зоне ограничена возможность расширения, а по этой причине придётся на ранних этапах проектирования организовывать специальную резервную зону. Другая проблема централизованной системы – это нарушение плотности транспортных дорог в периферийных зонах. Таким образом эта схема не рекомендуется.

Гребенчатое развитие является комбинацией предыдущих схем. В этом случае основное развитие ФЗ создаётся при помощи продольной схемы, а вокруг оси развития формируются локальные централизованные пункты. Эту схему можно принимать как альтернативой для предыдущих.

В концентрированном решении, ФЗ располагаются в минимальных необходимых расстояниях друг от друга. Кроме того, крытые и открытые пространства более приближённые. Такое территориальное

распределение обеспечивает удобство связей между отдельными зданиями и сооружениями на всех этапах развития, позволяет концентрированно разместить здания и сооружения с однородными санитарно-гигиеническими характеристиками и сокращать размеры необходимого санитарного разрыва между источниками вредных выделений и селитебными территориями.

В рассредоточенном решении, ФЗ распределяются по всей территории. Такие зоны представляют собой скопление плохо связанных между собой подразделений, размещение которых носит случайный характер.

Блочное решение представляет собой отдельные группы функциональных зон с самостоятельными функциональными процессами. Поскольку структурирование территории с помощью этого решения обеспечивается лучше, чем предыдущие, преимущественно рекомендуется.

Сочетание методов расположения ФЗ по концентрации и комбинации определяет территориальный характер ИП. Таким образом можно перечислить такие сочетания как линейно-концентрированное, продольно-блочное, блочно-гребенчатое, централь-

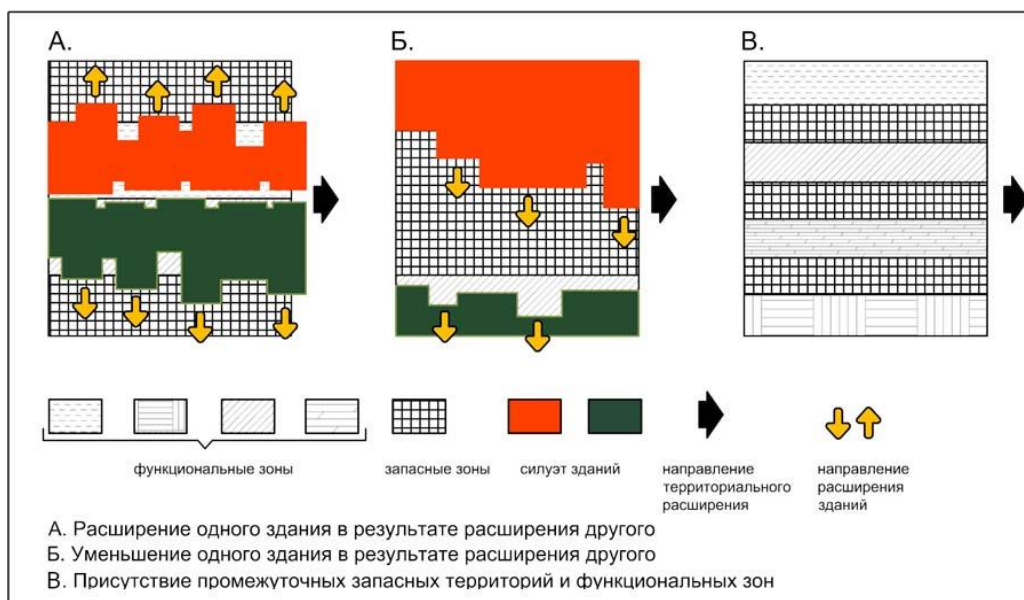


Рис.3. Виды территориального расширения ИП за счёт резервных зон
Fig. 3. Types of territorial expansion of IE by using reserve zones

но блочное и т.д. Оптимальными рекомендуемыми сочетаниями ФЗ для ИП являются концентрированно- и блочно-продольные, и гребенчатые, при которых поддерживается целенаправленное и структурное развитие предприятия (Рис.2).

Функциональные зоны ИП расширяются за счёт резервных участков. Эти участки служат в качестве площадок для маневрирования и их можно подразделить на свободные и зависящие. Свободные запасные зоны находятся вне направления оси расширения объектов технопарка и на них можно построить новые объекты. Зависящими являются зоны, которые окружают объекты и дают свободу действия в плане выступа и отступа существующих зданий. Следует отметить что расширение одной функциональной зоны может влиять на другую. Например, расширение зоны бизнес-инкубаторов несёт за собой расширение зоны социального обслуживания, в то время как может стать причиной сокращения селитебной зоны. Для повышения эффективности процесса расширения необходимо предусмотреть промежуточные резервные территории между функциональными зонами (Рис.3).

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ

Дифференциация транспортных путей играет особую роль для комфортности и эффективности происходящих процессов (организация грузопотоков и автомобильного движения). Организация внешних транспортных путей во многом зависит от топографии территории, существующих транспортных магистралей и требований санитарных норм.

На основании проведенных анализов выявлены следующие типы организации внешних транспорт-

ных путей (Рис.4):

- веточный, где дорога подходит к технопарку и там же направление движения меняется в обратную сторону. Этот тип рекомендуется для применения на местности со сложным рельефом, а также для ТС, деятельность которых требует секретности;
- береговой, который развивается вдоль магистралей или располагается перпендикулярно к ним;
- островной тип предлагается располагать с двух сторон территории, окруженной дорогами, которые развиваются в противоположных направлениях. Поскольку ТС

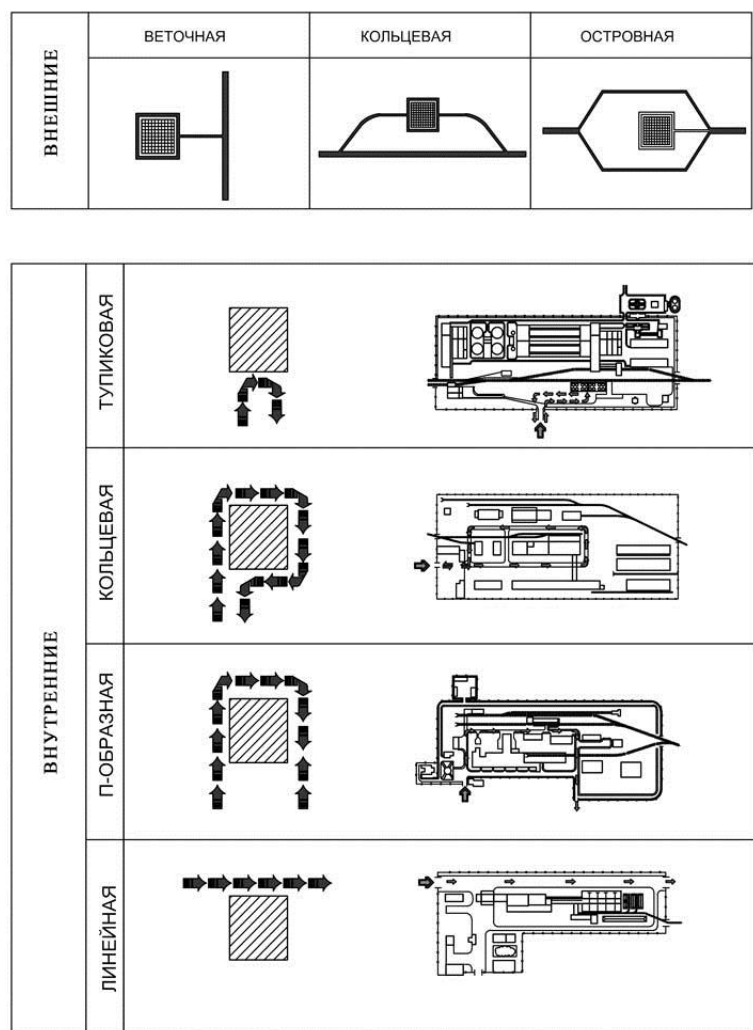


Рис.4. Дифференциация внешних и внутренних транспортных путей на территории ИП (по [6] в интерпретации автора)

Fig.4. Differentiation of external and internal transport roads on the territory of the IE. (According [6] interpreted by the author)

таким образом ограничивается двумя полосами, она может развиваться в двух направлениях;

- кольцевой тип ТС окружается со всех сторон автодорогами, которые создают кольцо вокруг него, а въезд и выезд организуются с разных сторон. Такой тип применяется при территориальном ограничении рельефом или радиальном развитии путём добавления новых колец. Карманный тип является сокращённым вариантом кольцевого.

Организация движения внутренних транспортных путей должна соответствовать принятому режиму работы и обеспечивать беспрепятственное движение грузевых и порожних составов, максимальную, но безопасную скорость и полное использование подвижного состава. Параллельно с расширением селитебных зон технополисов интенсивность пассажиропотоков между жильем и производством повышается.

Для организации внутреннего автомобильного движения рекомендуются следующие планировочные решения:

- тупиковое, которое следует применять для компактных предприятий, а также для обеспечения доступности к компактному отдельно стоящему зданию, к комплексу с высокой степенью секретности;

- кольцевое, которое создаёт проезд через необходимые внутренние участки и применяется для транспортировки людей и грузов. В этом типе, как и в предыдущем въезд и выезд находятся в одном месте;

- П-образная планировка подобна кольцевой, но отличается тем, что выезд и въезд

удалены друг от друга, а иногда движение в этом типе организуется вокруг комплекса или группы зданий без внутреннего доступа;

- линейная планировка применяется для отделения транспортной зоны от других зон.

ОБЪЁМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСНЫХ ИП

Поскольку внешность зданий влияет на градостроительный облик в этом разделе



Рис.5. Объёмные решения инновационных парков с учётом территориальных особенностей

Fig. 5. Volumetric solutions of Innovation Parks with regard to territorial features

рассматриваем объёмно-пространственную структуру комплексных ИП. При проектировании ИП необходимо учитывать технические и эстетические параметры, составляющие удобную связь между функциональными зонами и организации последовательности пространств. На этом основании предлагаются такие планировочные схемы: централизованные, павильонные, блочно-концентрированные (Рис.5).

В централизованном решении все пространства компактно собраны в одном большом здании. Важным элементом этого решения является функциональное зонирование, которое можно вести горизонтально (как, например, в производственных зданиях), вертикально (как, в совместном размещении инкубатора бизнеса, управления и администрации, учебных и лабораторных помещений в одном здании) или комбинировать по вертикали и горизонтали.

Компактное решение для городских технопарков, формирующихся в ткани плотной застройки, при которой комплекс состоит из нескольких многоэтажных примыкающих корпусов. Помещения общественного обслуживания (конференц-залы, переговорные, общественное питание, выставочные залы) вместе с административными и офисными помещениями располагаются в одном блоке. Научно-производственные помещения группируются вместе. Однако, при наличии производства крупного габарита допускается организация производственного цеха высотой до 12-и метров.

Применение блочно-концентрической схемы предусматривает выделение проникающих, примыкающих или присоединённых галереями с проходными залами или внутренними дворами функциональных блоков. Такое решение следует применять,

когда объекты ИП развиваются самостоятельно, но со временем между ними появляется гармоничная связь. Эти типы объёмно-пространственных решений могут комбинироваться.

Павильонное решение по необходимости организации пространства, близкого или связанного с функциональными процессами ИП может группироваться в разных корпусах. Это способствует обеспечению, с одной стороны, объединение помещений в отдельные функциональные группы, с другой – децентрализации различных специализированных зон. Преимущества этого решения наиболее ярко проявляются в случаях, когда проектная программа обуславливает необходимость изоляции помещений для проведения разноплановых научных исследований, а также когда появляются различные требования к габаритам помещений, их высоте, нагрузкам и условиям микроклимата.

При проектировании ИП следует рассматривать возможные способы дальнейшего развития путём планировочного расширения и реконструкции. Основой планировочного расширения является архитектурное решение существующей компоновки. Выявлено 4 вида приёмов компоновки: симметричная; асимметричная; ритмическая; свободная. При этом существуют два способа реконструкции: пассивная и активная. Если реконструкция реализована путём добавки, прибавки, перемещения, расширения, сужения, увеличения и уменьшения элементов поддерживая существующую планировочную структуру до реконструкции, то она пассивная, а если наоборот, нарушена система существующей структуры, - то она активная (Рис.6).

	СУЩЕСТВУЮЩАЯ ЗАСТРОЙКА	ПАССИВНАЯ КОМПОЗИЦИЯ	АКТИВНАЯ КОМПОЗИЦИЯ
СИММЕТРИЧНО-ОСЕВАЯ			
АСИММЕТРИЧНАЯ			
НЕЙТРАЛЬНАЯ (РИТМИЧЕСКАЯ)			
СВОБОДНАЯ			

Рис.6. Композиционные решения при реконструкции и расширении [по 13]

Fig. 6. Compositional solutions during reconstruction and expansion [according to 13]

При реконструкции симметрично-осевая структура может становиться с перемещением оси симметрии асимметричной или оставаться без изменений. Асимметричная обычно не изменяется либо преобразуется в симметрично-осевую. Для нейтральной композиции, образованной последовательным повторением архитектурных объемов, возможно продолжение ритма или переход на осевое построение. Свободная композиционная схема, образованная разнохарактерными архитектурными объемами, технологическим оборудованием, инженерными сооружениями, как тип фронтальной застройки при реконструкции обычно сохраняется, но в результате модернизации может упрощаться или усложняться.

Проводя реконструкцию застройки промышленных зданий не должно происходить изменений её типа. При квартально-панельном типе застройки изменяются габариты зданий внутри квартала или осуществляется строительство новых кварталов из панелей. Блочная застройка расширяется за счет смежных площадок, а секционная предусматривает увеличение плотности на существующей территории. При реконструкции сплошной застройки из-за ее значительных габаритов и отсутствия территориальных резервов развития предусматривается, как правило, изменение лишь отдельных фрагментов [13, С.55, 56].

СОЗДАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПУТЁМ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ, КОНФИГУРАЦИИ И ВЫСОТ ЗДАНИЙ И СОБЛЮДЕНИЯ ПРОПОРЦИИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Промышленные предприятия в зависимости от их мощности и особенностей технологического процесса подразделяются в разные классы. Таким образом промышленная база ИП не только может произвести локальное загрязнение, но и распространяется через ветер и воду. Учитывая это, расположение ИП в топографическом ткани региона имеет особое значение.

При расположении зданий относительно господствующих ветров, расположение ИП с наличием промышленного кластера с высокой и средней степенью вредности по направлению господствующих ветров в сторону селитебных зон не допускается. В проектировании производственных блоков ИП рекомендуется их размещать таким образом, чтобы их более вытянутый фронт располагался перпендикулярно к направлению ветра. Таким образом здание само по себе служит в качестве защитного экрана от распространения грязи ветром. При расположении зданий и сооружений также следует исключить возможность задержки газов, пыли и дыма во внутренних дворах или

выступах цехов. Наиболее рациональной с этой точки зрения конфигурацией зданий является прямоугольная форма без выступающих частей, которая является наиболее оправданной конструкцией и в экономическом отношении. При устройстве зданий со сложной конфигурацией в плане (П-, или Ш-образная застройка) необходимо продольную ось вытянутых полузамкнутых дворов размещать параллельно или под углом в 45° к направлению господствующих ветров. Часть двора, свободную от застройки, следует размещать с подветренной стороны, с устройством в замыкающей части двора ворот для сквозного проветривания. Условия противозадушной обороны рассматриваются в специальных инструкциях.

Если промышленная зона находится вблизи водных пространств, нельзя их размещать вверху течения воды, так как отходы через воду приходят на селитебную зону. Чтобы избежать загрязнения воды, для промышленных предприятий, вынуждающих в применении значительного количества воды, следует строить специальные бассейны с тщательной системой дренажа, а также отдельный канал, ответвляющийся от реки с люком для контролей течения. Что касается выделения выбросов в воздух, их эффект можно снизить путём установления бассейнов и фонтанов, а также необходимо создавать фронт из зеленых насаждений и деревьев. Также размещение промышленного кластера в окружении холмов и гористых рельефов создаёт естественную защиту от ветров. Промышленные здания, производящие вредные выбросы следует построить таким образом, чтобы их длинный фронт не

обращался к селитебной зоне. Размещение здания промышленного характера на территории ИП следует организовывать таким образом, чтобы более высокие объекты располагались дальше от направления господствующих ветров (Рис.7). В комплексных промышленных базах и промышленных городках необходимо создавать 2-3 территориальных фаз квартального типа и вредные цеха размещать в более углублённых участках. Предприятия изолируют друг от друга санитарно-защитными зона-

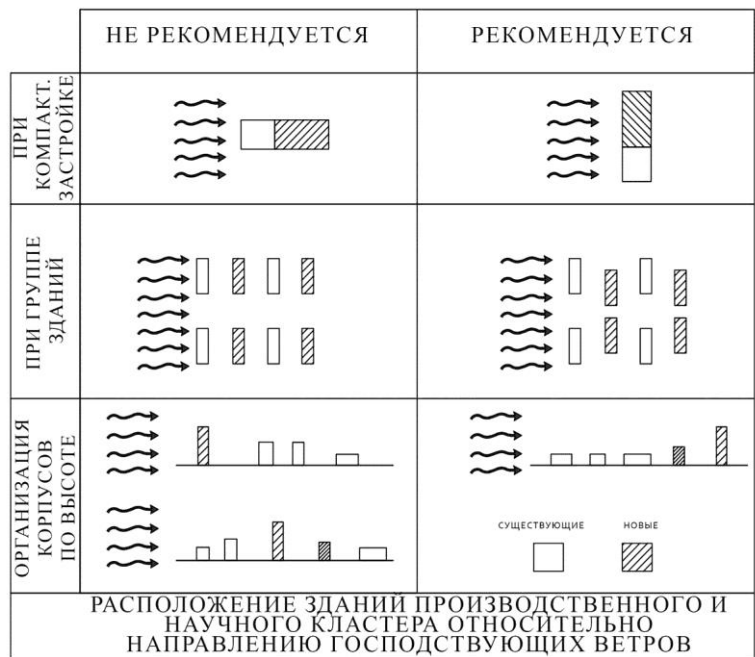
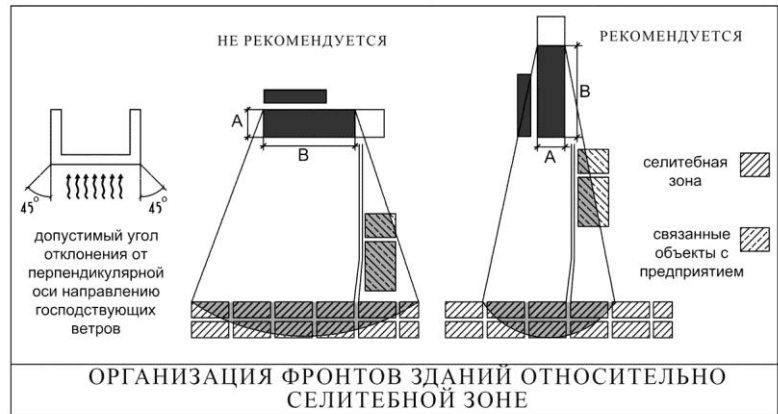


Рис.7. Экологические требования по расположению ИП, преобладающих промышленного кластера с учётом направления господствующих ветров [по 13]

Fig. 7. Environmental requirements for the location of the IE with the industrial cluster, taking into account the prevailing wind direction [according to 13]

ми. Не следует размещать рядом предприятия, при взаимодействии выбросов, которых образуются особо токсичные соединения (например, азотно-туковый и нефтеперерабатывающий заводы). Разрывы между зданиями принимают в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями, учетом климатического района, освещенности или способов защиты от солнечных лучей, проветриваемое или защиты от излишнего продувания, от снежных заносов, пыли, шума, а также по условиям рельефа.

Признано, что города имеют свой собственный микроклимат и, как правило, теплее, чем окружающие сельские районы. Каждая городская среда формирует так называемый тепловой остров вокруг себя, что приводит к ряду явлений от изменения свойств поверхностей, приводящего к повышению поглощения солнечной радиации, до снижения конвективного охлаждения и скорости испарения воды. Города

обычно содержат меньше растительности и водоемов, чем сельские районы, и существующие зеленые и водные ресурсы часто находятся под угрозой из-за увеличения плотности населения.

При наличии резкого перепада высот городов создаются различные структуры или «слои» в городской атмосфере. Микроклимат города создается с помощью трёх атмосферных слоев: естественная поверхность незастроенных участков (ЕПН), где атмосфера воздействует непосредственно; высотные границы застроенных участков (ВГЗ); и слой затенённых участков (ЗУ), расположенных под вторым слоем (Рис.8). Затенённые участки, создают зоны человеческой жизнедеятельности. Величина и перенос охлаждения в этом слое зависит от размера, распространения и геометрии зеленых насаждений. Зеленая зона увеличивает шероховатость поверхности и, тем самым, повышает эффективность конвек-

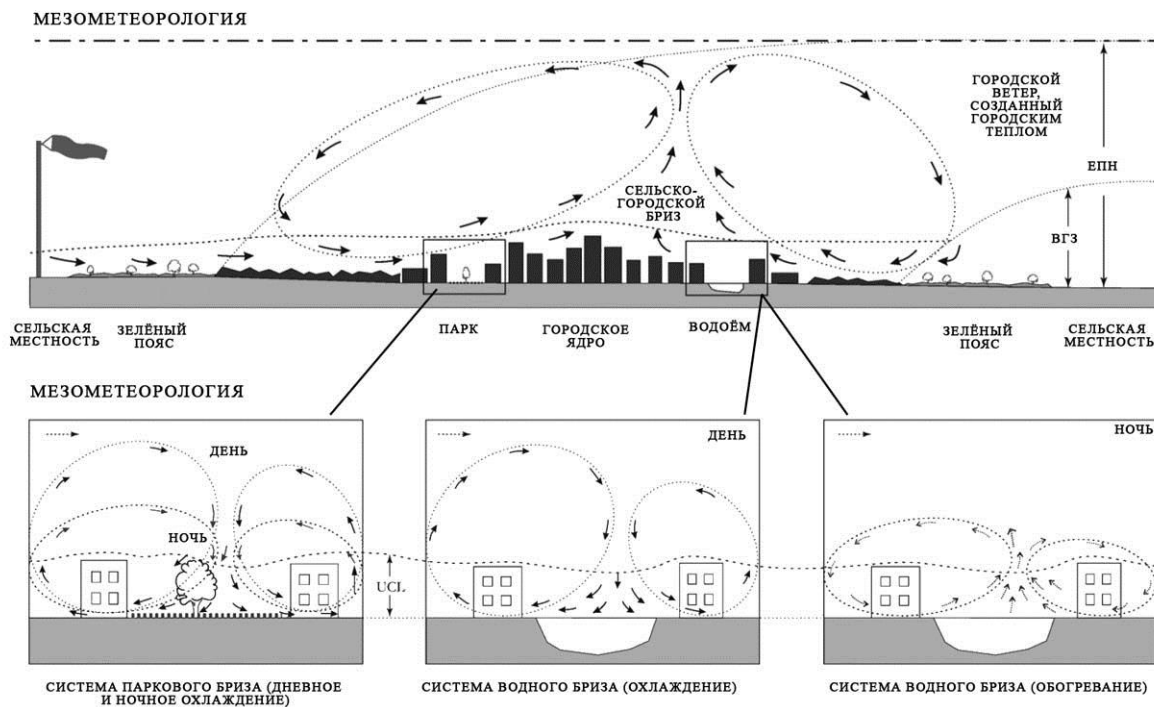


Рис.8. Формирование потока теплового острова или так называемый сельско-городского бриза и схемы взаимодействия зелёного насаждения и водоёмов с городским микроклиматом (мезометеорология – раздел метеорологии, рассматривающий атмосферные процессы промежуточного размера) [по 19]

Fig. 8. The formation of a thermal island's flow (rural-urban breeze) and patterns of interaction between green space and water bodies with urban microclimate [according to 19]

ции (подъём тёплого менее плотного и осадка холодного, плотного воздуха). Водные источники обеспечивают испарение. Когда обе функции используются вместе, создается ряд синергетических преимуществ экосистемы, включая охлаждение. Пути, которыми зеленая и синяя инфраструктура применяется в будущих стратегиях роста городов, особенно в странах, где ожидается быстрая урбанизация, требует особого внимания в политике городского планирования, чтобы смягчить неблагоприятные последствия теплового острова и повысить устойчивость к изменению климата [19, С.1040-1041].

Необходимо учитывать, что зеленый пояс обеспечивает благоприятное охлаждение на 3...3,5 км вокруг себя. Таким образом зеленые и застроенные зоны должны чередоваться с соблюдением этого расстояния. Также разъясняется необходимость сохранения зеленого пояса вокруг города. С другой стороны, конвекция усиливается при компактной застройке города, так как перепад высоты от незастроенных или низкозастроенных территории к высокозастроенным создаёт движение потоков воздуха [19, С.1042-1043]. Если речь идёт об инновационных парках, формирующихся на основе существующей инфраструктуры, возникает вопрос о необходимости модернизации зеленых зон. В этом отношении рекомендуются следующие приёмы: снос заводов или их реконструкция для создания парков или зданий с чистым процессом и большими пропорциями зелёных насаждений; модернизация зелёных насаждений вдоль ранее ветхих каналов, основных дорог и железнодорожных линий и под ними, а также массовую посадку деревьев по длине городских улиц [20, С.237]. Также можно трансформировать переулки в зеленую инфраструктуру для пешеходных и велосипедных прогулок, активного отдыха и физических упражнений, места для социального общения. Эти зеленые пространства вряд ли будут обеспечивать организованные рекреационные зоны, но они могут быть оснащены тренажерами, которые, как

показывает практика, увеличивают физическую активность населения [20, С.239].

Традиционно принято считать, что водоёмы играют особую роль в охлаждении окружающей среды. Однако последние исследования показывают, что водные источники меньше чем зеленые зоны участвуют в процессе охлаждения города. В целом дневное охлаждение водяных источников охватывает 2,5 км вокруг себя. Несмотря на этот факт эффект водных источников неравнозначен в дневное и ночное время, так как днём охлаждает воздух, а ночью подогревает. Также необходимо учитывать, что в целом большие водоёмы усиливают парниковый эффект и повышают температуру в ночном периоде. Повышенная влажность может препятствовать терморегуляции человека, снижая скорость испарения пота, а также изменяя влияние окружающего воздуха на него, приводя к большему поглощению, повторному излучению и улавливанию тепла на уровне улицы. Таким образом следует ограничить присутствие водоёмов в городской среде [19, С.1047-1049]. Подземные и крытые резервуары могут стать альтернативой для традиционных водоёмов (см. Рис.8).

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ПРИНЦИП ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЛЬТУРНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ХАРАКТЕРА

Важнейшим аспектом в проектировании ИП является связь между общественным и деловым сектором для обеспечения пространств, служащих для организации неофициальных встреч. Часть обмена информации происходит вне рабочего места, в ресторанах, кафе, клубах и т.д. Поэтому высокий уровень образования и культуры, интенсивный обмен профессиональной и обще-интеллектуальной информацией обуславливают появление в составе общественного центра специализированных культурно-просветительных учреждений: домов ученых, конференц-залов, домов творческих союзов, различных выставочных центров, различных клубов, концерт-

ных залов, театров, музеев и центров современного искусства, торгово-развлекательных центров и т. п. (в этот список не входят общественные центры первой степени, такие как дошкольные и общеобразовательные школьные организации, магазины продуктов питания, банковские отделения и т.п.).

В зависимости от размера ИП, место расположения общественных центров в отношении к научным и промышленным предприятиям радиус обслуживания составляет от 300...400 м до 2500...3500 м [10, С.76]. Для крупных ИП городского масштаба следует организовывать несколько общественных центров. Впрочем, общественные центры культурно-информационного типа с периодической посещаемостью (дома культуры, клубы, кинотеатры, библиотеки, торговые центры, рестораны, учреждения связи, спортивные центры) должны быть доступны пешеходным пользователям за 10...15 мин., что реализуется в пределах 1000...1500 м. Общественные центры эпизодического посещения (Двор-

цы культуры, музеи, выставки, театры, цирки, концертные залы, крупные кинотеатры, городские спортивные центры, городские торговые центры) посещаются средством транспорта, что позволяет увеличить радиус обслуживания до 2500...3500 м. Смежное размещение основных функциональных зон научной и селитебно-общественной, характерное для ряда научных центров открывает возможности создания единого кооперированного центра, обслуживающего кадры научных учреждений и население прилегающих к ним кварталов [10, С.74-76].

Исходя из выше упомянутых условий, при расстоянии свыше 2500 м. между основными функциональными зонами или от ближайшего общественного центра вне состава ИП, наряду с главным общественным центром, расположенным в селитебной зоне, организуется самостоятельный административно-деловой центр научно-производственной зоны, связанный с ним транспортными магистралями. Следует отметить, что создание единого обще-

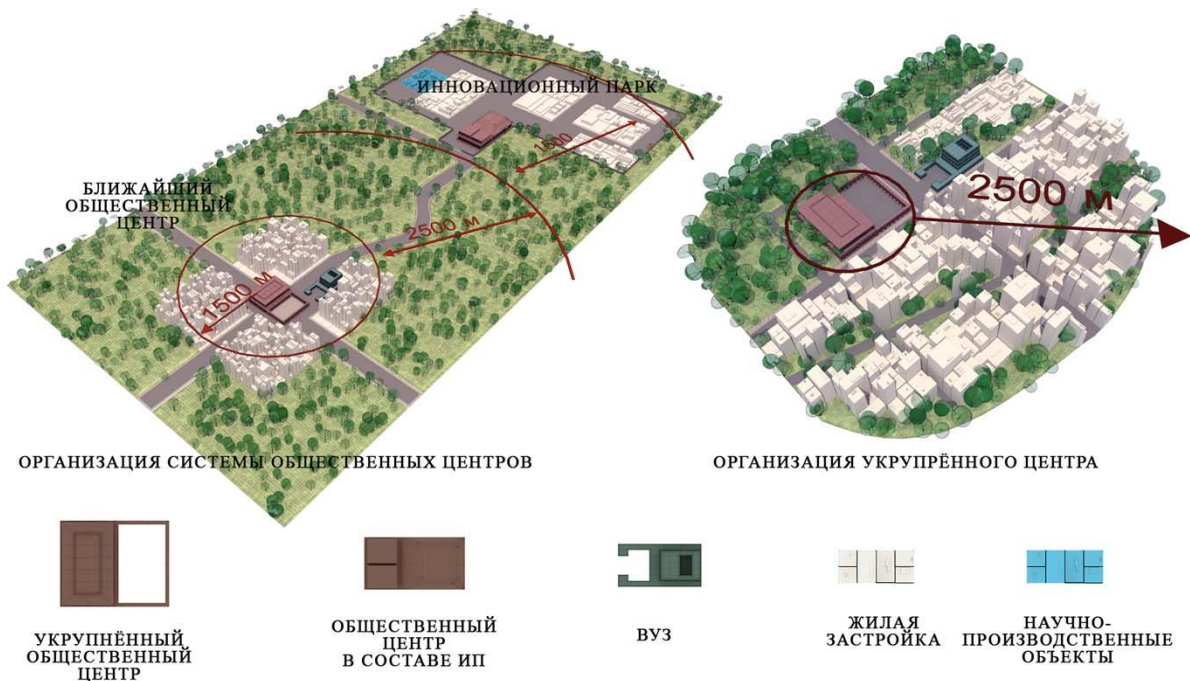


Рис.9. Организация общественных центров при различном размещении функциональных зон инновационного парка (по [10] в интерпретации автора)

Fig. 9. Organization of public centers with different locations of the innovation park’s functional areas [according to 10, interpreted by the author]

ственного центра целесообразно лишь в небольших ИП, поскольку с увеличением размеров их территории радиус доступности культурно-бытовых учреждений возрастает. Но для больших ИП требуется наличие нескольких объектов общественного обслуживания с организацией ступенчатой системой обслуживания (Рис.9).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Градостроительные аспекты формирования ИП требуют соблюдения иерархического порядка проектирования. Первым этапом в реализации этого процесса является определение места расположения ИП в городской структуре с учётом социально-экономических особенностей региона, территориальных условий, крупности планируемого предприятия и его вида деятельности. На втором этапе необходимо определить функциональные зоны, на основе которых планируются функциональные блоки. Третий этап включает в себя организацию транспортных сетей. Четвёртый этап посвящается определению объёмно-планировочных решений различных функциональных групп.

Для архитектурной организации и территориального распределения ФЗ в составе ИП существуют два способа развития: по концентрации и конфигурации. Оптимальными рекомендуемыми сочетаниями ФЗ для ИП являются концентрированно- и блочно-продольные и гребенчатые, при которых поддерживается целенаправленное и структурное развитие предприятия.

Во избежание хаотического формирования следует регулировать развитие ИП с помощью заранее предусмотренных резервных зон. Для обеспечения удобного маневрирования в плане расширения предприятий рекомендуется расположение промежуточных резервных зон.

Объёмное решение ИП влияет на градостроительную структуру меняя её облик. С целью сохранения структурного объёмного решения ИП следует в соответствии с территориальной величины предприятия (малый, средний, большой-крупный ИП) при-

менить по иерархии компактное, блочное и павильонное решение. В больших и крупных ИП рекомендуется павильонное решение, чтобы обеспечить возможность разделения функциональных кластеров. В городских ИП важнее эффективное использование территории, что требует более компактных решений. В случае присутствия разных кластеров в городских ИП, следует их размещать в отдельных, но связанных с помощью галерей и примыкания.

Для обеспечения санитарной безопасности необходимо размещать ИП с наличием источников вредителей (научно-производственный кластер) таким образом, чтобы выбросы и загрязнение не приходили в селитебную зону. Расположение научно-производственного кластера в окружении естественного рельефа, отказаться от территорий, располагающихся вверху течения водных источников и по направлению господствующих ветров, а также организация минимального фронта, обращаемого в сторону селитебной зоны являются необходимыми архитектурными приёмами в соблюдении санитарных правил.

Создание оптимального микроклимата и охлаждение городской среды имеет особое место в проектировании ИП. На основе исследования установлено, что зелёное насаждение играет более важную роль в охлаждении микроклимата чем водоёмы. Таким образом в процессе проектирования городской структуры следует повышать долю озеленения и снижать процент открытых водоёмов. Компактная застройка, повышение доли зеленых насаждений по сравнению с водоёмов помогает избежать перегрева городской среды. Зеленые и застроенные зоны должны чередоваться каждый 3...3,5 км.

Для организации общественных центров рекомендуются следующие способы их размещения: для ИП, располагающихся вблизи селитебной зоны единый укрупненный общественный центр, а при наличии ИП с разрывами между функциональными зонами – сеть общественных центров культурно-информативного характера с расстоянием не более 2,5 км.

Источники иллюстраций:

Рис.4 – по [6] в интерпретации автора;
 Рис.6 – по [13];
 Рис.7 – по [13];
 Рис.8 – по [19] в интерпретации автора;
 Рис.9 – по [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. **Димитриева А.О., 2019.** Принципы объемно-планировочной организации новейших производственных объектов. АМІТ № 2 (47), 12 [электронный ресурс], Режим доступа: <https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/09dmitrieva.pdf> (дата обращения: 08.07.2019),
2. **Ежов В.И., Ежов С.В., Ежов Д.В. 2006.** Архитектура общественных зданий и комплексов. Киев, Вистка, 380.
3. **Емельянова О.И, Мироненко Н.И., 2014.** Аркология – современная градостроительная концепция архитектуры. Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури, Вип.2(106), 5.
4. **Лилуева О.В., 2011.** Архитектурное формирование технопарков на базе наукогородов. Дис.... канд. арх. Нижний Новгород, 332.
5. **Негинский М.С., 1965.** Основы проектирования цементных заводов. Москва, Промстройиздат, 320.
6. **Потаев Г.А., 2015.** Современные тенденции развития архитектуры, градостроительства и дизайна. Учебно-методическое пособие по специальности I-698101 – градостроительство для магистратуры, БНТУ, Минск, 57.
7. **Рубан Л. 2016.** Підводна урбаністика: питання та відповіді сучасності. Підводні технології, Вип.03, 12.
8. **Румянцев А.А., 2006.** Архитектурная организация инновационного процесса в технопарковых структурах: дис.... канд. арх. Екатеринбург, УрГАХУ, 157.
9. **Рыков К.Н., 2010.** Особенности архитектурной организации структур технопарков. Архитектон, Известия вузов, Вып. 31, 12.
10. **Савельев Б.А., Белявский А.В., Бочаров Ю.П. и др., 1979.** Научные комплексы в зарубежных странах. Издательство Наука, Москва, 172.
11. **Савельев Б.А., Белявский А.В., Бочаров, Ю.П. и др., 1977.** Научный центр, модели развития. Москва, Издательство Наука, 109.
12. **Сергеев К.И., Кулешова Г.И., 2007.** Территориально-градостроительные аспекты организации технопарковых структур. Вестник Российской Академии Наук, Том 77, Вип.12, 7.
13. **Сысоева О.И. 2005.** Реконструкция промышленных объектов: учеб. пособ. Минск, БНТУ, 136.
14. **Хрусталеv Д.А., 2011.** Архитектурное формирование научно-производственных зданий инновационного направления. Дис...д-ра арх., Москва, МАРХИ, 300.
15. **Весна А.В. 2018.** Глобальні концепції як фактор розвитку сучасної архітектури. Автореферат дис.канд.арх, Харків, 20.
16. **Куцевич В.В., Бридня Л.Ю., Рогожникова А.Е., 2016.** Нормативно-методичні основи архітектурного проектування громадських будівель. Під ред. В.В. Куцевича. Київ, КНУБА, 112.
17. **Birch E.L. 2015.** From science parks to innovation districts, research facility development in legacy cities on the northeast corridor. Pennsylvania, PennIUR, 37.
18. **Iossifova D., 2017.** Architecture and Urban Design: Leaving behind the notion of the city. The University of Manchester, UK, 33.
19. **Gunawardena K.R., Wells M.J., Kershawa T., 2017.** Utilizing green and blue space to mitigate urban heat island intensity. Elsevier, Amsterdam, Science of the Total Environment, Iss.584-585, 16 [электронный ресурс], Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717301754> (дата обращения: 17.10.2019).
20. **Jennifer R. Wolch, Byrne J., Newell J.P., 2014.** Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities just green enough. Elsevier, Amsterdam, Landscape and Urban Planning, No.125, 11 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000310> (дата обращения: 17.10.2019).
21. **Urban Design for Architects: Space, Place, and Urban Infrastructure, 2016.** PDH Academy, Wisconsin, 46.
22. **Olexij Pryimachenko, 2017.** Model for effectiveness evaluation of planning measures for protection of areas surrounding main roads from the influence of environmental pressures of the Kyiv main road network. Підводні технології, Вип.05, 7.

REFERENCES

1. **Dimitrieva A.O., 2019.** Principles of space-planning organization of the recent production facilities. AMIT, Iss. 2 (47), 12. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/09_dmitrieva.pdf.
2. **Yezhov V.I., 2006.** Arhitektura obshestvennih zdaniya i kompleksov [The architecture of public buildings and complexes]. Kyiv, Vistka, 380 (in Russian).
3. **Emilyanova O.I., 2014.** Arkologija – sovremennaja gradostroitel'naja konsepsija arhitekturi [Arcology: a modern town-planning concept of architecture]. Visnyk - Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture's newsletter, 2 edition (106), 5 (in Russian).
4. **Lilueva O.V., 2011.** Arhitekturnoe formirovanije tehnoparkov na baze naukogorodov [Architectural organization of Science Parks on the base of Technopoles]. Nizhnij Novgorod, 332 (in Russian).
5. **Neginsky M.S., 1965.** Osnovi projectirovaniya sementnih zavodov [Basics of cement plants' designing]. Moscow, Promstroyizdat, 320 (in Russian).
6. **Potayev G.A., 2010.** Sovremennije tendensii razvitiya arhitekturi, gradostroitelstva i disajna [Modern trends in the development of architecture, urban planning and design]. Teaching manual for the master degree of urban specialty, BNTU, Minsk, 57 (in Russian).
7. **Ruban L., 2016.** Underwater urban studies: modern issues and trends, 03, 12 (in Ukrainian).
8. **Rumyantsev AA, 2006.** Arhitekturnoe formirovanije nauchno-proizvodstvennyh zdaniy innovacionnogo napravlenija [Architectural organization of innovative process in science parks]. Thesis in architecture, Ekaterinburg, 157 (in Russian).
9. **Rykov K.N. 2010.** Osobennosti arhitekturnoi organizatsii struktur tehnoparkov [Features of the architectural organization of Science Parks' structures]. Architecton: news of universities, Iss.31, 12 (in Russian).
10. **Saveliev B.A., 1979.** Nauchnije kompleksi v zarubezhnih stranah [Scientific complexes in foreign countries] Moscow, 172 (in Russian).
11. **Saveliev, B.A. 1979.** Nauchni centr modeli razvitiya [Scientific center, models of development] Moscow, 109 (in Russian).
12. **Sergeev K.I., 2007.** Territorialno-gradostroitel'nije aspekti organizatsii tehnoparkovyh struktur [Territorial-town-planning aspects of the organization of science park structures]. Bulletin of the Russian Academy of Sciences, Vol. 77, No.12, 7 (in Russian).
13. **Sysoeva O.I. 2005.** Rekonstrukcija promyshlennykh ob'ektov [Reconstruction of industrial facilities]. Minsk, 136. (in Russian).
14. **Khrustalev D.A. 2011.** Arhitekturnaija oganizatsija innovacijonnogo processa v tehnoparkovyh struktur [Architectural formation of scientific and industrial buildings with innovation direction]. Thesis in architecture, Moscow, 300 (in Russian).
15. **Vesna A.V. 2018.** Globalnije koncepcii kak faktor razvitiya sovremennoi arhitekturi [Global concepts as a factor in the development of modern architecture]. The thesis author's abstract, Kharkov, 20 (in Russian).
16. **Kutsevych V.V., Bridnija L.Y., Rogojnikova A.E., 2016.** Normaivno-metodichni osnovi arhitekturnoho projiektuvannya hromadskih budivel (The normative-methodical bases of architectural design for public buildings). Kiev: KNUCA, 112 (in Ukrainian).
17. **Birch E.L. 2015.** From science parks to innovation districts, research facility development in legacy cities on the northeast corridor, Pennsylvania, PennIUR, 37.
18. **Iossifova D., 2017.** Architecture and Urban Design: Leaving behind the notion of the city. The University of Manchester, UK, 33.
19. **Gunawardena K.R. Wells M.J., Kershawa T., 2017.** Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. Gunawardena K.R., Elsevier, Amsterdam, Science of the Total Environment № 584-585, 16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717301754> (date of visit: 17.10.2019).
20. **Jennifer R. Wolch, Byrne J., Newell J.P., 2014.** Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities just green enough. Elsevier, Amsterdam, Landscape and Urban Planning № 125, 11. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000310> (date of visit: 17.10.2019).
21. **Urban Design for Architects: Space, Place and Urban Infrastructure, 2016.** PDH Academy, Wisconsin, 46.
22. **Olexij Pryimachenko, 2017.** Model for effectiveness evaluation of planning measures for protection of areas surrounding main roads from the influence of environmental pressures

of the Kyiv main road network, Підводні технології, Vol.05, 7.

Urban-planning aspects of the architectural organization of innovative parks

Gholamali Kazemi Lary

Abstract. This article deals with the urban-planning aspects of science parks' (SP) formation. Based on the conducted analysis, centralized, pavilion, block-concentrated schemes of a volumetric solution are proposed depending on the size of the enterprise. The concept of SP formation in accordance with urban planning and topographical conditions in the form of centric, linear, satellite, free and quarterly schemes are recommended. Furthermore, the indicators of the placement of various functional groups within the SP, as well as the organization of the IE by type of activity in the structure of urban development, are determined. In addition, the most rational schemes for the organization of external and internal transport routes and space-planning solutions for the main functional blocks in science parks are recommended. Different climatic layers of the urban environment are considered. Recommendations are based on creating an IE microclimate, including the proportional regulation of green and water zones, a competent location of industrial buildings in relation to the residential zone, water resources and prevailing winds, as well as the correct configurations of industrial buildings and structures, which are sources of harmful by-products. The requirements for the organization of public centers of the second (houses of cultural tours, libraries, cinemas, clubs, sports centers, etc.) and the third (museums, exhibitions, large spectacular halls, administrative buildings, etc.) are considered) and the fourth degree of attendance (resorts, suburban recreation centers) on the territory and in the vicinity of individual entrepreneurs.

Keywords: innovative enterprise (IE), Science Park (SP), research center, functional blocks, functional zones.

The formation of modular structures through the prism of architecture in marine areas

Valery Tovbych ¹, Halyna Kravchuk ²

¹ Kiev National University of Civil Engineering and Architecture
Povitroflotskyi Avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03680
tovbych@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4794-4944

² National Aviation University
Cosmonaut Komarov Avenue 1, Kiev, Ukraine, 03058
kravchuk770@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8840-0476

Received 05.06.2019, accepted after revision 06.06.2019
<https://doi.org/10.31493/uwt1909.1903>

Abstract. The causes of actualization of the problem of water urbanism are shown. The key suggestions for possible formation of floating structures are considered, the international experience of such objects design are analyzed. The question of the formation of modular structures are based on the methods of geometric modeling. The correct and semi-regular polyhedra are analyzed as the most streamlined figures from the point of view of utilitarian, stability, and buoyancy. Because of such figures form the largest internal usable volume with a minimum surface area and have a regular symmetrical structure.

The basic properties of continuous filling of three-dimensional space on the basis of modular design of convex polyhedrons of spherical type are revealed. An important prerequisite is the unification of the modules of mutual harmonization of system elements on the basis of multiplicity. The advantages of modular design and the possibility of forming the floating structures are analyzed. It is proposed to solve the modular structure of the three-dimensional cross-core structural system (the spatial framework solves not only the functional-utilitarian problem of overlapping the space, but is the formative structure of the whole building).

Based on the generalized project experience, new approaches and state-of-the-art engineering and technological solutions have been identified to unlock the potential of marine ecosystems for future development.

The main aspects of the formation of modular structures in the marine areas are highlighted, in particular, the following:



Valery Tovbych
Head of the Department
of Information Technologies
in Architecture
ScD Architecture, Prof.



Halyna Kravchuk
Master of Architecture
Department

- formation of floating structures is analyzed on the basis of geometric modeling methods;
- a three-dimensional cross-core structural system based on regular polyhedra is proposed;
- the structural features of the formation of floating structures and the outlined prospects of water urbanism are distinguished.

Keywords: shaping, geometric modeling, block-modular structures, cross-core structural systems, combinatorics.

THE PROBLEM STATEMENT

The technogenic development of cities and its mechanization, the rapid growth of agglomerations, the ever-increasing harmful emission into the atmosphere and the spontaneous use of natural resources lead to the de-

struction of the integrity of the environment. In this case, undesirable processes occurring in the environment have a negative impact on human health by creating unsuitable conditions for their life [1].

In general, the 21st century is characterized with the rapid exacerbation of environmental catastrophes. The emergence and increase of the greenhouse effect have caused climate change, as a consequence of global warming and rising of ocean level.

According to the forecasts of the Intergovernmental Panel on Climate Evolution, about 25 million inhabitants of our planet may be in the flood zone [2, 3]. The modern world is characterized by an extremely active pace of development and introduction of the latest technologies in all spheres of life. Due to the modern development of technologies and the emergence of new materials, engineering capabilities have come close to successful implementation of ambitious projects in the most extreme conditions, including on the water.

Despite the breadth of coverage of the problem of molding modular structures, much of the aspect remains undisclosed.

THE ANALYSIS OF PREVIOUS STUDIES

With the development and improvement of technological progress, relatively new trends and concepts of dynamic architecture capable of transformation are forming. Mobile architecture and futuristic design are gaining urgency in an era of social urbanization and scarcity of free territories.

These trends advocate the rational use of land and water space, seeking the application of new technological capabilities, modularity and variability.

The new progressive direction in construction and architecture is the formation of objects in relation to the aquatic environment.

Conceptual developments of architectural objects are handled by the studio of A.A. Asadova, architects V.I. Plotkin, I. Ovchinnikov. The study of individual aspects of modularity and architectural shaping are characteristic of

creativity. Le Corbusier, N.A. Saprini, Yu.L. Sherman, A.A. Gaiduchen.

Research on underwater urban studies questions and answers of the present are considered in the work of Ruban L. [3].

In Western Europe, such as France, Italy, the Netherlands, the United Kingdom, as well as Canada and the UAE, the typology of objects on the surface of water is expanding today [2, 4, 5].

The range of materials used in the construction of floating objects is gradually expanding, which testifies to the growing tendencies of this type of real estate over traditional above-ground objects [3, 5].

The most significant advances in maritime architecture belong to the United States. One of the projects of successful realization is housing for workers, which is prefabricated. They are delivered by trucks to the right place and are collected in a few days. The main advantage that can be distinguished in the standardization of the design solution is the copying of the same buildings [2, 4, 6].

In recent years, the United Arab Emirates has built many amazing objects and masterpieces of architecture, a huge number of artificial islands and skyscrapers, hotels, shopping malls and amusement parks in the sea.

Architect Vincent Callebout developed the concept of a self-sufficient floating city – "Lilypad Floating City", with a capacity of up to 50,000 people.

The purpose of the project is to create a harmonious co-existence of man and nature, a project positioned by the author as a "floating ecopolis for climate refugees".

Lilypad is a real amphibian that is a half-water and half-earth city (Figs.1, 2).

The multifunctional and full-fledged infrastructure of the floating city is based on three marinas and ships, three mountains (lily-shaped petals) designed for work, shops and entertainment. The whole complex of landscaping located near the dwelling in the suspended gardens intersects the network of streets and alleys, forming an organic natural contour [2, 4].



Fig.1. Floating City, architect Vincent Callebaut, Brazil, 2010

Such an island city will use the latest eco-technologies, such as solar panels, conversion of wind energy, ebb and flow in order to ensure the life quality of its residents.

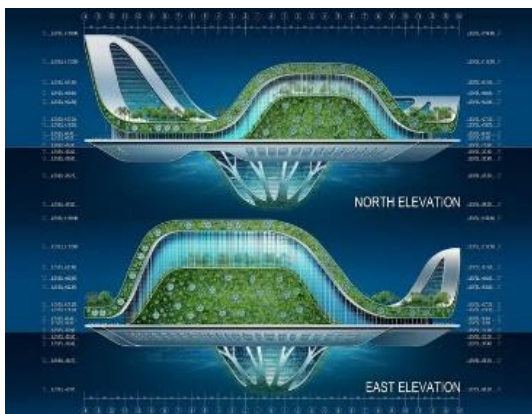


Fig.2. Floating City, architect Vincent Callebaut, Brazil, 2010

In addition, the Lath will clean the atmosphere of carbon dioxide with its titanium dioxide coating.

The construction of the facility involves partial construction of 4,000 apartments with original infrastructure [4].

The liner will be of high strength polyester fiber coated with titanium dioxide. Mechanisms and technical solutions for using wind energy, tides and even biomass energy will also be applied. Water purification by the method of reverse osmosis successfully tested on aircraft carriers and a number of technical solutions that will ensure self-sufficient, autonomous functioning of the city [2].

For China, that is a home to about 1.4 billion people, overpopulation is a serious problem. Therefore, a floating ocean metropolis project developed by China Communications Construction Company (CCCC-FHDI) in collaboration with the AT Design Office is economically viable and promising [6, 9, 10].

Conceptual design designed for long-term autonomous ocean life. It is a structure of combined floating hexagonal modules with a total area of 10.36 km² [8, 9].

Constructed as different geometric shapes, the sections, the largest hexagonal modules measuring 150 meters by 30, can be based on an equilateral triangle and a pentagon that divides the water surface .

Designed to be a completely self-sufficient and with zero carbon emissions, the floating city includes farms and waste management systems (Fig.3).



Fig.3. City Water Project, China Communications Construction Company (CCCC-FHDI) & AT Design Office, China, 2014

To move between the different structures of the submarine and surface parts of the city, the project's creators plan to use a line-wide network of submarines and submarines. It is also planned to build highways for land transport by electric traction.

The project envisages residential, commercial and recreational areas; a large area of land will be allocated to green spaces, which are also located at different levels.

Yes, a public green belt on the water surface can provide public space for sports and recreation in the fresh air. The underwater green belt can be used for recreational tours. The island has vertical gardens and animal

farms that provide residents with all the food they need.

Many marine structures have been constructed to date, and there are a number of design solutions for the formation of water-related objects [6].

However, the examples and technology provided are not enough. The issues of engineering systems as well as design technologies, methods of structural systems and features of process planning remain unresolved.

MAIN RESEARCH

Modular homes are a new modern vision of what could be functional and comfortable architecture for today. Mobile modular house is a modern facility which has a number of advantages:

- high comfort;
- durability and environmental friendliness;
- the cost of maintenance and operation;
- operational production, delivery and assembly;
- compactness and mobility [13, 21-23].

Modularity is closely related to the possibility of transformation, which can manifest itself within both a single structure and composite solutions of multi-component structures [13-14].

The transformation of the exterior structure of the building allows for open interaction with the environment. There may also be a transformation of planned interior space solutions by means of displacement, partitioning depending on functional zoning. Therefore, transformation, by virtue of its mobile structure, can modify an object in different ways, which allows the formation of different structures on the basis of one module [7].

The term "modularity" is considered as a conventional unit of form used to coordinate parts of an object and the whole complex [15-19].

Modularity maximizes object output while delivering high variability in planning decisions.

In forming the structure, the most important element is the shape of the module, which is due to the purpose of functional filling, as well

as the rational use of physical and mechanical properties of structures.

The form should provide a number of specific properties for full functioning in the marine areas, such as:

- volume;
- spaciousness;
- ability to move and be transformed;
- geometric modeling;
- weight;
- massiveness;
- density.

The dense filling of the space during the formation of modular structures is realized on the basis of geometric modeling, where the single element is the figure of a regular polyhedron, as the most streamlined and stable figure, which with its parallel displacements relative to the axes forms multilayered structures.

The solid filling of the three-dimensional space is replaced by the modules obtained by modifying the original convex polyhedra of spherical type. After all, such polyhedra form the largest internal usable volume at a minimum surface area, while having a regular symmetrical structure.

You can find new fillings of space by arranging the arrangement of Ahmed bodies around a common edge in which adjacent bodies have common incongruent boundaries. All polyhedral angles at vertices are congruent, where the dihedral angles of these polyhedra on the common edge should be a full angle (360°) [9-10].

The most appropriate figures among convex polyhedra satisfying this condition are paralleloloids (Fig.4).

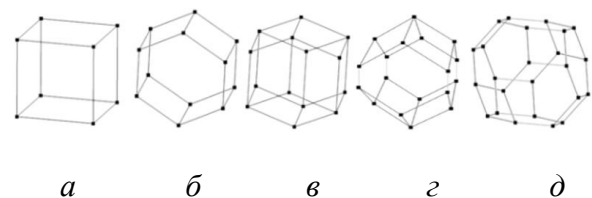


Fig.4. Types of paralleloloida: *a* – cube, *b* – six-angle prism, *c* – rhombododecahedron, *d* – elongated dodecahedron, *e* – truncated octahedron

There are exactly five topological types of paralleleloids in three-dimensional space:

- cube;
- hexagonal prism;
- rhombododecahedron;
- elongated dodecahedron;
- truncated octahedron.

An important condition for the formation of structures is the unification of single modules - a single modular system of mutual coordination of the size of structures and their elements and structures, as well as their equipment based on the multiplicity of the module [9-10].

Given the specific conditions of the location of such objects, it is advisable to ensure the structural strength of both one element and the structure as a whole (Figs. 5).

The use of the light metal is a key constructive solution of frame structures. The carrier element for the solution of the modular structure is the spatial cross-rod structural system. It is formed from steel tubes and connected pivotally. Such systems have the great forming capabilities, allowing to solve almost any space-problems of composition [13-15, 17].

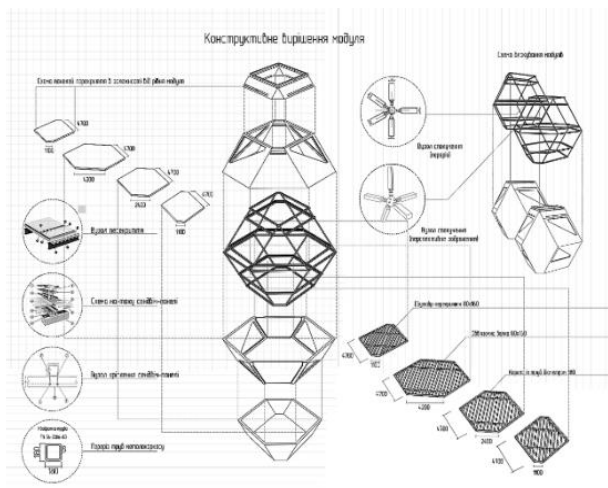


Fig.5. Schematic diagram of a cross-sectional structural structure based on geometric modeling from polyhedra

Assembled from separate tubular multifaceted rods and nodal elements with a single bolted connection, USPK system MARCHI represent regular structures on the basis of the regular polyhedrons providing a single length of the modular rod within the designed struc-

ture, which enables the use of engineering methods for the manufacture of structural parts (automated technologies).

An important advantage of the system is the use of special nodal elements of the hemispherical type in accordance with orthogonal and triangular grids, as well as asymmetrical elements under different diameters of bolts compared to the universal spherical polyhedron, which allows to further reduce the metal consumption and complexity of manufacturing the nodal element [13-15].

Considering the features of cross-bar structural systems, a number of features can be distinguished regarding their application [17-22]:

- 1) ensuring the uniformity of prefabricated elements and technologies for their manufacture, which can be applied at factories using modern automated and robotic systems;
- 2) possibility of connection of all elements on bolts, without welding and tampering (easily mounted);
- 3) versatility for use – both for individual low-rise residential, industrial, public and other purpose buildings;
- 4) the flexibility of frames, as collapsible structures, which can be disassembled and re-used, as well as with the change of purpose of buildings (replacement or damage of the module if necessary);
- 5) providing the spatial nature of the frame structure, in which all elements form longitudinal and transverse frame frames.

CONCLUSIONS

The main aspects of the formation of modular structures in the marine areas are highlighted, in particular, the following.

1. Formation of floating structures is analyzed on the basis of geometric modeling methods (in the three-dimensional space there are exactly five topological types of parallelehedrons: cube, hexagonal prism, rhombododecahedron, elongated dodecahedron, truncated octahedron, as the most streamlined figures).
2. The advantages of modular design, as well as the possibility of forming floating structures.

3. A three-dimensional cross-core structural system based on regular polyhedra is proposed.

4. The structural features of the formation of floating structures and the outlined prospects of water urbanism are distinguished.

REFERENCES

1. **Osipov V.M., Kukos M.C., 2014.** Konkurentability of urban agglomerations: world tendencies and prospects of formation in Ukraine. Economic innovations, Iss.57, 283-296 (in Ukrainian).
2. **The French architect** came up with the plans of the city for climate refugees, 2008. Access mode <http://realty.newsru.com/article/23Jun2008/lily>.
3. **Ruban L., 2016.** Underwater Urban Studies: Questions and Answers of Modernity. Underwater technology. Industrial and civil engineering. 2016. Iss.03, 54-65. Access mode: <http://repository.knuba.edu.ua/handle/987654321/237> (in Ukrainian).
4. **Zavodskov S., 2014.** Lilypad floating city in Dubai. Access mode <http://uae-dubai.ru/uae-blogs/article/lilypadplavayuschiy-gorod-v-dubae> (in Russian).
5. **Modularity** in the architecture of different countries. Access mode <http://tver-13.ru/stroitelstvo/8131/> (in Russian).
6. **The Chinese** plan to use the surface of the Earth, covered with water, in 2014, for the construction of future cities. Access mode <https://itc.ua/news/kitaytsyi-planiruyut-ispolzovat-dlya-postroeniya-gorodov-budushhego-poverhnost-zemli-pokryituyu-vodoy/> (in Russian).
7. **Safonov N.A., Zhusupova AM, Siroshstan D.A.** Use of innovative construction methods and their influence on the three-tier of construction production, Iss.4 Access mode <https://nauchforum.ru/studconf/tech/4/36113> (in Ukrainian).
8. **Ruban L., 2014.** Principles of architectural and landscape design of water areas. Technical transactions. Architecture and urban planning Iss.6, 29-40. Access mode <file:///C:/Users/Galya/Downloads/3-CT-6-2018.pdf>.
9. **Bonchkovsky R.N.** Filling the space with tetrahedra. Collection of articles on elementary and higher mathematics. Iss.4, 26-40 (in Ukrainian). Access mode <http://www.mathnet.ru/links/cc2fdf608dec92f9fe7c3544c54bd2c3/mp562.pdf>
10. **Filling** the space with polyhedral. Access mode http://mat.1sep.ru/view_article.php?ID=200900503 (in Russian).
11. **Ekonomov, I.S., 2010.** Principles of formation of low-rise living objects on water, 235. Access mode <https://www.dissercat.com/content/printsiy-formirovaniya-maloetazhnykh-zhilykh-obektov-na-vode> (in Russian).
12. **Krivolapova A.V.** Modular principle of shaping in architecture. Access mode http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvu_z26_pril/14/template_article-ar=K01-20-k3.htm (in Ukrainian).
13. **Chernykh I.Yu., 2010.** Steel tubes structures Cross-bridge systems with guaranteed indicators durability, 2005. Access mode https://otherreferats.allbest.ru/construction/00443997_0.html (in Russian).
14. **Korolev V.P., Chernykh I.Yu., 2001.** Calculation of elements and compounds of cross-rod systems for corrosion resistance and durability. Abstract dissertation for a scientific degree Candidate of Technical Sciences, 2005. 35-38 Access mode [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2010/maket_2010-6\(86\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2010/maket_2010-6(86).pdf) (in Russian).
15. **Mushinsky A.N., Zimin S.S., 2015.** Construction of pre-fabricated buildings and structures. Construction of unique buildings and structures, Iss. 4(31) (in Russian).
16. **Uniform** modular system, unification, typing, standardization, normalization in construction. Access mode <https://studfiles.net/preview/5303687/page:5/> (in Ukrainian).
17. **Korolev V.P., Gibalenko A.N., Chernykh I.Yu., 2000.** Nodal connection of steel tubular spatial structures. Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture, Iss. 1(21), 31-32. Access mode [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-3\(125\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_2017-3(125).pdf) (in Russian).
18. **Gorbatenko E., Bratasyuk I., Sharov V., 2015.** Mobile structures in coastal hydrotechnics. Second International Conference on Underwater Technology. Underwater Technologies, Iss.01, 23-32.
19. **Safonov N.A., Zhusupova A.M., Se-roshtan D.A.** The use of innovative construction methods and their impact on the duration of construction production. Technical and mathematical sciences. Student Scientific Forum: Electr. Sat Art. by mat. IV international Stud. scientific-practical conf. Iss. 4 (4) (in Russian). Access mode https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/4%284%29.pdf (in Russian).

20. **Technical** Encyclopedia. Unique modular system. Access mode <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=1458> (in Ukrainian).
21. **Ageev M.D., 2003.** Autonomous underwater robots: systems and technologies. Institute of Marine Technology Problems. Moscow, Science, 2005, 398 (in Russian). Access mode https://www.studmed.ru/ageev-md-i-dr-avtonomnye-podvodnye-roboty-sistemy-i-tehnologii_2f9001c63d2.html
22. **Molchanova V., 2018.** The methods of homotopic skeletonization of bit-mapped drawings of parts of sea transport. Transfer of Innovative Technologies, Iss.1. Access mode <https://cyberleninka.ru/article/n/the-technique-of-homotopic-skeletonization-of-bit-mapped-drawings-of-parts-of-sea-transport>.

Формообразования модульных структур через призму архитектуры на морских акваториях

Валерий Товбич, Галина Кравчук

Аннотация. Показаны причины актуализации проблемы водного урбанизма. Рассмотрены основные предложения по возможному формированию плавучих конструкций, проанализирован международный опыт проектирования таких объектов. Вопрос формирования модульных структур основывается на методах геометрического моделирования. Проанализированы правильные и полуправильные многогранники, как наиболее обтекаемые фигуры с позиции утилитарности, устойчивости, плавучести. Поскольку такие фигуры образуют внутренний полезный объем при минимальной площади поверхности и обладают регулярной симметричной структурой.

Выявлены основные свойства непрерывного заполнения трехмерного пространства на основе модульной конструкции выпуклых многогранников сферического типа. Важным условием является унификация модулей взаимного согласования элементов системы на основе кратности. Проанализированы преимущества модульного проектирования и возможности формообразования плавучих структур. Предложено для решения модульной структуры объемно-пространственную перекрестно-стержневую конструктивную систему (пространственный каркас решает не только функционально-утилитарная задача перекрытия пространства, а есть формообразующей структурой всего сооружения).

Освещены основные аспекты формообразования модульных структур на морских акваториях, в частности:

- проанализировано формообразование плавучих структур на основе методов геометрического моделирования;
- предложено объемно-пространственную перекрестно-стержневую конструктивную систему на основе правильных многоугольников.
- выделены конструктивные особенности формообразования плавучих структур и определение перспектив водной урбанистики.

Ключевые слова: формообразования, геометрическое моделирование, блочно-модульные структуры, перекрестно-стержневые конструктивные системы, комбинаторика

ВКАЗІВКИ ДЛЯ АВТОРІВ

Правила публікації

До публікації приймаються оригінальні матеріали дослідницького та дискусійного характеру обсягом 8 – 12 сторінок (A4) включно з таблицями, рисунками та списком літератури. Статті (переважно індивідуальні, англійською мовою, склад авторів не більше 3, джерел не менше 20) підлягають подвійному рецензуванню, у тому числі залученими редакцією незалежними фахівцями, та [цифровій ідентифікації DOI](#). Дописувачі передають видавцеві авторське право на тексти та письмові дозволи для відтворення рисунків і таблиць з неопублікованих раніше або захищених авторським правом матеріалів. Редакція дотримується етичних норм наукової публікації

До статті додають (uwtech@ukr.net) Заяву про публікацію (7 файлів, зібраних в папку *Документи*):

- 1) інформацію **про статтю** – форма 1 (word)
- 2) довідку **про авторів** (Статус: *h-index*, прізвище, ім'я, по-батькові; науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, адреса, посада; Контакти: фото автора (.jpg), мобільний телефон, e-mail, ідентифікатори ORCID та Scopus Author ID) – форма 2 (word)
- 3) дві зовнішні **рецензії** – форма 3
- 4) експертний **висновок** – форма 4
- 5) **угоду** про вільне використання авторського права – форма 5
- 6) завірений **переклад** статті англійською мовою
- 7) **рекомендацію** до друку (витяг з протоколу установи, де працює автор)

Вимоги до статті

Загальні положення:

- параметри аркуша: формат A4, верхнє та нижнє поля 2,5 см, ліве та праве 2 см; шрифт Times New Roman; колонтитули 1,3 см, абзацний відступ 0,5 см; розмір основного тексту 12, анотацій і літератури 11, міжрядковий інтервал 1
- статтю (.doc) форматують у дві колонки по 8 см з проміжком 1 см; встановлюють автоматичне перенесення слів
- назви таблиць та підписи під рисунками (розмір 11) розміщують ліворуч графічного об'єкту; в кириличних текстах – дублюють англійською (рядком нижче)
- в списку літератури – не менше 20 посилань (переважно на наукові статті та монографії); після прізвища зазначають рік видання (стандарт APA)
- список літератури дублюють англійською; якщо використовується <http://translit.net> (крім назви джерела, яку перекладають дослівно), в дужках вказують мову оригіналу, наприклад (in Ukrainian), (in Russian), (in Poland)
- посилаючись на інтернет-ресурс, слід вказувати повну назву і вихідні дані публікації
- в кінці англійських статей дають анотацію російською; в інших статтях – англійською

Структурування:

- вихідні дані (шрифт Arial): назва рукопису (н/ж, ф.14), ім'я та прізвище автора (курсив, ф.12), місце роботи, поштова адреса, e-mail, ідентифікатор ORCID (ф.10); якщо авторів декілька – зазначають цифровими зносками; залишають по 5 пустих рядків між верхнім полем аркуша, вихідними даними і основним текстом статті
- структурні підрозділи статті:
 - АНОТАЦІЯ (не менше 1800 знаків – 0,5 стор. ф.11)
 - КЛЮЧОВІ СЛОВА (5 – 8 слів)
 - ВСТУП
 - МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ
 - РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ
 - ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ
 - ЛІТЕРАТУРА
- назва статті – інформативна та коротка; структура анотації – аналогічна структурі статті, без використання скорочень та абревіатур, усі пояснення дають в тексті; посилання – не більше 5 джерел в одному місці
- таблиці та рисунки розміщують після першого згадування про них, а великі (на повну ширину аркуша) – зверху або знизу сторінки (не розриваючи одночасно обидві колонки тексту)
- ілюстрації – у форматах .jpg, .tif з роздільною здатністю не менше 300 dpi

Оформлення:

- пишуть прямо – цифри, грецькі букви, кирилицю, тригонометричні функції (tan, sin та ін.), усталені вирази (max, const та ін.), хімічні елементи; курсивом – англійські символи формул, римські цифри, номери експлікації
- між формулами, рисунками, таблицями і текстом залишають по 1 пустому рядку
- формули (розміром 12-9-7-16-12) набирають в MathType і центрують; нумерація – праворуч колонки; таблиці і рисунки – не перевищують область друку аркуша
- скорочені слова «Табл.» (Table), «Рис.» (Fig.) пишуть з великої букви (в тексті – світло, в назві – н/ж); текст на полі рисунків зводять до мінімуму, пояснення дають в підписах під рисунками
- в якості розділових знаків у списку літератури використовують тільки крапку і кому (стандарт APA); кількість сторінок (діапазон) вказують без їх позначення
- приклади оформлення статей і архів журналу – див. www.uwtech.at.ua, <http://library.knuba.edu.ua/node/867>

Заява про публікацію
статті в міжнародному науковому журналі

(назва журналу)

Форма 1

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Мова статті	Автор(и) (ім'я, прізвище – мовою статті) (предметна галузь) / (к-сть стор.)	Документи (+/-) *							Назва статті	Замовлення	
		Про статтю (ф.1)	Про авторів (ф.2)	Дві рецензії (ф.3)	Експ. висновок (ф.4)	Угода (ф.5)	Завірений перегляд	Рекомендація		Рецензенти (ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання – мовою статті)	Оплата (грн.)
		1	2	3	4	5	6	7			
									Рец.1:		
									Рец.2:		

Форма 2

ДОВІДКА ПРО АВТОРІВ
(мовою статті)

Статус			Контакти	
h-index (Scopus)	Прізвище, ім'я, по батькові науковий ступінь, вчене звання	Місце роботи, посада, адреса, поштовий індекс	Фото автора (.jpg, 300 dpi)	Моб. тел. e-mail ORCID Scopus Author ID

* – зазначити наявність позначкою

РЕЦЕНЗІЯ

(дві, зовнішні)

Повинна містити:

- 1) Назву статті, Ім'я та Прізвище автора(ів)
- 2) Оцінку праці (оригінальність; відповідність назви й тексту статті; методи і мета праці; термінологія; стиль викладення; граматики)
- 3) Інформацію про Якість статті (по суті й перекладу англійською) та відсутність Плагіату
- 4) Зауваження й Корективи (або вказування на необхідність передачі статті іншому рецензенту)
- 5) Рекомендацію (до опублікування; подальшого опрацювання; повторного рецензування; відмовлення у публікації)
- 6) Відомості про рецензента (ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи – мовою статті)
- 7) Дату, Підпис (завірений)

(зразок)

ЗАТВЕРДЖУЮ

(посада, науковий ступінь,
вчене звання)

П.І.Б.

« ____ » _____ 20 ____ р.

ЕКСПЕРТНИЙ ВИСНОВОК № _____

про можливість опублікування матеріалів
у пресі та інших джерелах інформації

Експертна комісія Київського національного університету будівництва і архітектури, розглянувши матеріали рукопису

(ім'я, прізвище автора(ів))

(назва статті)

в обсязі ____ сторінок, зазначає, що в них немає відомостей, які б підлягали забороні до опублікування згідно «Розгорнутого переліку відомостей, що становлять державну таємницю у Міністерстві освіти і науки України – 2001 р.»

Висновок: матеріали рукопису дозволяється опублікувати відкрито

Керівник експертної групи

П.І.Б.

УГОДА № _____

про вільне використання авторського права щодо періодичного видання
Підводні технології: промислова та цивільна інженерія

м. Київ

«___» _____ 20__ р.

Редакцією журналу *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія*, засновником якого є Київський національний університет будівництва і архітектури з юридичною адресою: КНУБА, Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680, в особі головного редактора д.т.н., професора М.К. Сукача, з однієї сторони (далі – Редакція), та власник(и) майнових авторських прав в особі

(П.І.Б.)	(науковий ступінь, звання)	(ORCID)
(П.І.Б.)	(науковий ступінь, звання)	(ORCID)
(П.І.Б.)	(науковий ступінь, звання)	(ORCID)

з іншої сторони (далі – Автор(и)), які разом іменуються Сторони, керуючись Цивільним кодексом, Законом України «Про авторське право і суміжні права», іншими законодавчими і нормативно-правовими актами України, уклали цю Угоду про наступне.

п.1

1.1. Автор(и) заявляють, що вони є дійсними авторами наукового Твору/Статті під назвою

(мовою оригіналу)

який є результатом їхньої спільної творчої праці, і що вони мають відносно зазначеного твору виключне авторське право.

1.2. Автор(и) заявляють, що Твір/Стаття не порушує авторські права будь-якої третьої сторони, не містить будь-яких запозичень (плагіату) та немає ніяких інших обставин, які можуть наражати Редакцію до будь-якої відповідальності перед третьою стороною в результаті використання або публікації Твору/Статті.

1.3. Автор(и) заявляють, що у них є право розпоряджатися матеріалами, які містяться у Творі/Статті, зокрема текстами, фотографіями, картами, планами та ін., і що використання цих матеріалів у Творі/Статті не порушує права третьої сторони.

1.4. Автор(и) заявляють, що вони знайомі з вимогами оформлення статей. Текст Твору/Статті підготовлено згідно з редакційними вимогами стосовно публікації у періодичному виданні *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія*.

1.5. Автор(и) заявляють, що Твір/Стаття не було опубліковано раніше в цілому або частинами (чи під тією ж або іншою назвою), і що його не було передано для публікації будь-якому іншому періодичному виданню згідно Закону України «Про авторське право і суміжні права».

п.2

2.1. Автор(и) надають Редакції вільно і без будь-яких обмежень на територію, час і кількість копій повне авторське право на Твір/Статтю з метою його опублікування у періодичному виданні *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія* в друкованому та електронному вигляді з наступними умовами використання:

- а) збереження на будь-яких носіях/медіа
- б) розмноження Твору/Статті, його частин або фрагментів будь-якими відомими методами, копіювання Твору/Статті або його частин та фрагментів будь-якою технікою, зокрема друкуванням, різграфією, магнітним записом та оцифруванням
- в) збереження на комп'ютері та розміщення у приватних і громадських комп'ютерних мережах (у тому числі Інтернет) і поширення через мережі
- г) розповсюдження оригіналу і/або копій Твору/Статті, окремих його частин або фрагментів, розповсюдження та передача в користування оригіналу або його примірників.

2.2. Автор(и) погоджуються на те, що редакторське опрацювання і тиражування періодичного видання здійснюється за кошти добровільних внесків Авторів публікацій.

п.3

3.1. Автор(и) та Редакція згодні на те, що Редакція також матиме право:

- а) здійснювати необхідне оформлення Твору/Статті за результатами його редакційної обробки
- б) визначати самостійно кількість видань, друк додаткових копій і тираж Твору/Статті, кількість копій окремих видань і додаткових тиражів
- в) опублікування Твору/Статті в інших виданнях, пов'язаних з діяльністю Редакції, ніж вказаних у п.2.1.

п.4

4.1. Автор(и) та Редакція спільно засвідчують, що вільне використання авторських прав в межах цієї угоди є безкоштовним.

4.2. Будь-які зміни до цієї Угоди мають бути складені у письмовій формі.

4.3. Питання, не врегульовані положеннями цієї Угоди, підлягають правилам Цивільного кодексу та Закону України «Про авторське право і суміжні права».

4.4. Будь-які суперечки, які можуть виникнути під час виконання та протягом терміну дії цієї Угоди вирішуватимуться в межах територіальної юрисдикції за місцем знаходження Редакції.

Угоду складено у 2 (двох) ідентичних примірниках, по одному зі Сторін.

АВТОР(И):

РЕДАКЦІЯ:

1. _____
(підпис) (П.І.Б.)

2. _____
(підпис) (П.І.Б.)

3. _____
(підпис) (П.І.Б.)

міжнародний науковий журнал
Підводні технології:
промислова та цивільна інженерія

Повітрофлотський проспект 31,
Київ, Україна, 03680
uwtech@ukr.net

_____ М.К. Сукач

Наукове видання

ПІДВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ПРОМИСЛОВА ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

2019 Випуск 09

Статті публікуються в авторській редакції

- ▶ Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом
- ▶ Відповідальність за зміст та достовірність наведених даних несуть автори публікацій
- ▶ Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали
- ▶ Усі статті одержали позитивну оцінку незалежних рецензентів
- ▶ Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції

Рецензенти статей:

Bogdan Norkin	Dr.Phys.-Math.Sc.	Jurii Palekha	Dr.Geographical Sc.
Leonid Khmara	Dr.Tech.Sc., Prof.	Oleksandr Siedak	PhD of Architecture, Ass.Prof.
Svetlana Lapovska	Dr.Tech.Sc	Лариса Бривня	канд. архітектури, доцент
Kateryna Pushkarjova	Dr.Tech.Sc., Prof.	Елена Рогожникова	канд. архітектури, доцент
Vitaliy Nishchuk	PhD, Ass.Prof.	Oleksandr Buriak	Dr. of Architecture, Prof.
Tetiana Shilova	PhD, Ass.Prof.	Victor Mironenko	Dr. of Architecture, Prof.

Журнал індексується у світових базах даних:

Google Academy	http://scholar.google.com.ua	CrossRef	https://www.crossref.org
Index Copernicus	www.journals.indexcopernicus.com	Ulrichs Web	http://ulrichsweb.serialssolutions.com
Web ИРБИС	http://irbis-nbuv.gov.ua		

Оригінал-макет виготовлено в редакції журналу

Підводні технології: промислова та цивільна інженерія

Відповідальний за випуск	<i>Дмитро Міщук</i>
Лінгвістичний консультант	<i>Валерій Гастінщиков</i>
Комп'ютерне верстання	<i>Лев Сукач</i>
Редагування і коректура	<i>Олександра Даніліна</i>
Макетування і обкладинка	<i>Тетяна Рощенко</i>

Редакція журналу

КНУБА 31, Повітрофлотський проспект,
лаб. корп., оф. 2313, Київ, Україна, 03680
+38 044 2454217, +38 095 6297417
www.uwtech.at.ua, uwtech@ukr.net

Видавець і виготовлювач

Видавництво Ліра-К
Свідоцтво № 3981, серія ДК
вул. В.Стуса 22/1, Київ, Україна, 03115
тел./факс +38 044 2479337, +38 044 2288112
www.lira-k.com.ua, www.zv_lira@ukr.net

Підписано до друку 30.06.2019. Формат 60×84 1/8
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman
Ум.-друк. арк. 10,23. Наклад 100 прим.