



RS Global

ISSN 2413-1032



# WORLD SCIENCE

Multidisciplinary Scientific Edition



RS Global

# WORLD SCIENCE

*№ 5(45)*  
*Vol.1, May 2019*

**DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws)**

All articles are published in open-access and licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Hence, authors retain copyright to the content of the articles. CC BY 4.0 License allows content to be copied, adapted, displayed, distributed, re-published or otherwise re-used for any purpose including for adaptation and commercial use provided the content is attributed. Detailed information at Creative Commons site: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

---

**Publisher –**  
RS Global Sp. z O.O.,  
  
Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864  
REGON: 367026200  
NIP: 5213776394

**Publisher Office's address:**  
Dolna 17, lok. A\_02  
Warsaw, Poland,  
00-773

**Website:** <https://rsglobal.pl/>  
**E-mail:** [editorial\\_office@rsglobal.pl](mailto:editorial_office@rsglobal.pl)  
**Tel:** +48 226 0 227 03

DOI: 10.31435/rsglobal\_ws  
OCLC Number: 1051262033  
Publisher - RS Global Sp. z O.O.  
Country - Poland  
Format: Print and Electronic version  
Frequency: monthly  
Content type: Academic/Scholarly

**CHIEF EDITOR**

**Laputyn Roman** PhD in transport systems, Associate Professor, Department of Transport Systems and Road Safety, National Transport University, Ukraine

**EDITORIAL BOARD:**

**Nobanee Haitham** Associate Professor of Finance, Abu Dhabi University, United Arab Emirates

**Almazari Ahmad** Professor in Financial Management, King Saud University-Kingdom of Saudi Arabia, Saudi Arabia

**Lina Anastassova** Full Professor in Marketing, Burgas Free University, Bulgaria

**Mikiashvili Nino** Professor in Econometrics and Macroeconomics, Ivane Javakishvili Tbilisi State University, Georgia

**Alkhalwaldeh Abdullah** Professor in Financial Philosophy, Hashemite University, Jordan

**Mendebaev Toktamys** Doctor of Technical Sciences, Professor, LLP "Scientific innovation center "Almas", Kazakhstan

**Yakovenko Nataliya** Professor, Doctor of Geography, Ivanovo State University, Shuya

**Mazbayev Ordenbek** Doctor of Geographical Sciences, Professor of Tourism, Eurasian National University named after L.N.Gumilev, Kazakhstan

**Sentyabrev Nikolay** Professor, Doctor of Sciences, Volgograd State Academy of Physical Education, Russia

**Ustenova Gulbaram** Director of Education Department of the Pharmacy, Doctor of Pharmaceutical Science, Kazakh National Medical University name of Asfendiyarov, Kazakhstan

**Harlamova Julia** Professor, Moscow State University of Railway Transport, Russia

**Kalinina Irina** Professor of Chair of Medicobiological Bases of Physical Culture and Sport, Dr. Sci.Biol., FGBOU VPO Sibirsky State University of Physical Culture and Sport, Russia

**Imangazinov Sagit** Director, Ph.D. Pavlodar affiliated branch "SMU of Semei city", Kazakhstan

**Dukhanina Irina** Professor of Finance and Investment Chair, Doctor of Sciences, Moscow State Medical Dental University by A. I. Evdokimov of the Ministry of health of the Russian Federation, Russian Federation

**Orehowskyi Wadym** Head of the Department of Social and Human Sciences, Economics and Law, Doctor of Historical Sciences, Chernivtsi Trade-Economic Institute Kyiv National Trade and Economic University, Ukraine

**Peshcherov Georgy** Professor, Moscow State Regional University, Russia

**Mustafin Muafik** Professor, Doctor of Veterinary Science, Kostanay State University named after A. Baitursynov

**Ovsyanik Olga** Professor, Doctor of Psychological Science, Moscow State Regional University, Russian Federation

**Suprun Elina** Professor, Doctor of Medicine, National University of Pharmacy, Ukraine

**Kuzmenkov Sergey** Professor at the Department of Physics and Didactics of Physics, Candidate of Physico-mathematical Sciences, Doctor of Pedagogic Sciences, Kherson State University

**Safarov Mahmatali** Doctor Technical Science, Professor Academician Academia Science Republic of Tajikistan, National Studies University "Moscow Power Institute" in Dushanbe

**Omarova Vera** Professor, Ph.D., Pavlodar State Pedagogical Institute, Kazakhstan

**Koziar Mykola** Head of the Department, Doctor of Pedagogical Sciences, National University of Water Management and Nature Resources Use, Ukraine

**Tatarintseva Nina** Professor, Southern Federal University, Russia

**Sidorovich Marina** Candidate of Biological Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences, Full Professor, Kherson State University

**Polyakova Victoria** Candidate of Pedagogical Sciences, Vladimir Regional Institute for Educational Development Name L. I. Novikova, Russia

**Issakova Sabira** Professor, Doctor of Philology, The Aktyubinsk regional state university of K. Zhubanov, Kazakhstan

**Kolesnikova Galina** Professor, Taganrog Institute of Management and Economics, Russia

**Utebaliyeva Gulnara** Doctor of Philological Science, Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

**Uzilevsky Gennady** Dr. of Science, Ph.D., Russian Academy of National Economy under the President of the Russian Federation, Russian Federation

**Krokhmal Nataliia** Professor, Ph.D. in Philosophy, National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine

**Chorny Oleksii** D.Sc. (Eng.), Professor, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

**Pilipenko Oleg** Head of Machine Design Fundamentals Department, Doctor of Technical Sciences, Chernigiv National Technological University, Ukraine

**Nyyazbekova Kulanda** Candidate of pedagogical sciences, Kazakhstan

**Cheshmedzhieva Margarita** Doctor of Law, South-West University "Neofit Rilski", Bulgaria

**Svetlana Peneva** MD, dental prosthetics, Medical University - Varna, Bulgaria

**Rossikhin Vasiliy** Full dr., Doctor of Legal Sciences, National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine

**Pikhtirova Alina** PhD in Veterinary science, Sumy national agrarian university, Ukraine

**Temirbekova Sulukhan** Dr. Sc. of Biology, Professor, Federal State Scientific Institution All-Russia Selection-Technological Institute of Horticulture and Nursery, Russian Federation

**Tsybaliuk Vitalii** Professor, Doctor of Medicine, The State Institution Romodanov Neurosurgery Institute National Academy of Medical Sciences of Ukraine

---

**CONTENTS****ENGINEERING SCIENCES**

- Косіюк М. М., Костюк С. А.*  
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СФЕРИЧНИХ ШАРНІРІВ ЗМІЦНЕННЯМ  
КУЛЬБОВИХ ПАЛЬЦІВ СТАТИКО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ..... 4
- Роянов Вячеслав Александрович, Захарова Ирина Вячеславовна,  
Крючков Никита Сергеевич, Пугачев Евгений Витальевич*  
СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА НА ЖИДКИЙ МЕТАЛЛ ЭЛЕКТРОДОВ  
ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ РАСПЫЛЯЮЩЕЙ  
СТРУЕЙ ВОЗДУХА..... 13

**ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION**

- Yuliya Idak*  
METHODOLOGICAL BASES OF THE STUDY OF MORPHOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF THE CITY..... 22
- Ладигіна Ірина Володимирівна, Біжко Євгенія Василівна*  
ДОСВІД ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА В СТРУКТУРІ НАЙКРУПНІШИХ МІСТ В  
УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ..... 29

## ENGINEERING SCIENCES

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СФЕРИЧНИХ ШАРНІРІВ ЗМІЦНЕННЯМ КУЛЬОВИХ ПАЛЬЦІВ СТАТИКО-ІМПУЛЬСНОЮ ОБРОБКОЮ**

к.т.н., доц. *Косіюк М. М.*, аспірант *Костюк С. А.*  
Україна, Хмельницький національний університет

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/31052019/6507](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6507)

**ARTICLE INFO**

**Received:** 18 March 2019  
**Accepted:** 20 May 2019  
**Published:** 31 May 2019

**KEYWORDS**

durability, wear, spherical joint, strengthening, static-pulse processing, mechanical pulse generator, bipolar shock, microrelief retaining lubricant

**ABSTRACT**

The possibility of improving the durability of spherical sliding hinges due to the strengthening of the incomplete spherical surface of ball fingers by static-pulse processing is considered. The review of recent researches and publications was carried out and promising directions for increasing the durability of ball joints were established. The influence of the shock system parameters on the shape and amplitude of the impact pulse is analyzed. The recommended range of correlations of the geometric parameters of the elements of the shock system is established. On the basis of theoretical and experimental studies, a model of shock system with static load of the boom and tool, as well as a bipolar shock treatment scheme is proposed. The method of calculating the parameters of the shock system and the mathematical dependences have been developed. The model of the mechanical impulse generator of shock impact machine with static load of the boom and the tool according to the bipolar impact processing scheme is proposed. The method and algorithm of calculation of parameters of the generator of mechanical impulses of the device for strengthening of incomplete spherical surfaces is developed.

**Citation:** Косіюк М. М., Костюк С. А. (2019) Pidvyshchennia Dovhovichnosti Sferychnykh Sharniriv Zmitsnenniam Kulovykh Paltsiv Statyko-Impulsnoiu Obrobkoiu. *World Science*. 5(45), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31052019/6507

**Copyright:** © 2019 **Косіюк М. М., Костюк С. А.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Вступ.** Однією із прикладних проблем машинознавства є розробка заходів з підвищення працездатності, надійності і довговічності механізмів і машин. В сучасній техніці більше 60% деталей машин відносяться до вузлів ковзання, які займають особливе місце в машинобудуванні. Серед них широко застосовуються сферичні шарніри (СШ) ковзання, які використовуються в різноманітних галузях. Існує проблема передчасного виходу з ладу СШ, через нерівномірне зношування та руйнування поверхневого шару сферичної поверхні кульового пальця під дією циклічних та динамічних навантажень [1]. Встановлено, що в більшості випадків довговічність СШ визначається зносостійкістю контактуючих поверхонь пари тертя.

Для підвищення ресурсу шарніра доцільно проводити зміцнення сферичної поверхні кульового пальця з одночасним формуванням мастилоутримуючого мікрорельєфу [2 – 3].

Найбільшу ефективність при цьому показали комбіновані методи поверхнево-пластичного деформування (ППД), які дозволяють керувати параметрами зміцненого поверхневого шару.

У зв'язку з цим розробка і удосконалення способів поверхневого пластичного зміцнення неповних сферичних поверхонь (НСП), а також розробка технології і оснащення для їх реалізації, що забезпечують необхідні показники якості та точності обробленої поверхні при високій продуктивності, є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В наш час процес зміцнення поверхнево-пластичним деформуванням широко досліджується як іноземними так і вітчизняними науковцями [4–10]. В роботах [11, 12] та ін. відмічена висока ефективність зміцнення поверхневого шару деталей машин комбінованими методами ППД.

З літературних джерел відомо низку суттєвих переваг способу статико-імпульсної обробки (СІО), який дозволяє варіювати в широких межах міцністю та зносостійкістю поверхневого шару, створювати сприятливі стискаючі залишкові напруження, а також формувати гетерогенну структуру та мастилоутримуючий мікрорельєф [11–13]. Технологія СІО включає наступні етапи: попереднє статичне і подальше циклічне (імпульсне) навантаження інструменту. Попереднє статичне навантаження створює сприятливі умови для більш повної передачі енергії ударного імпульсу необхідної форми в зону деформації. Крім того, під дією статичного навантаження відбувається згладжування меж пластичних відбитків.

Аналіз способів зміцнення НСП методами ППД вказує на доцільність застосування СІО та проведення заходів з підвищення ефективності використання енергії удару, а також розроблення устаткування, для формування зміцненого поверхневого шару з одночасним нанесенням геометрично визначеного на НСП мастило утримуючого мікрорельєфу та інженерної методики розрахунку режимів обробки.

**Метою роботи є:** підвищення довговічності сферичних шарнірів шляхом статико імпульсного зміцнення поверхневого шару НСП кульового пальця з одночасним утворенням мастило утримуючого мікрорельєфу.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** При СІО застосовуються машини ударної дії з статичним навантаженням інструмента (рис.1), вектор дії якого збігається з напрямком дії ударного імпульсу, за рахунок чого досягається стабільність процесу зміцнення та зменшення втрат енергії удару.

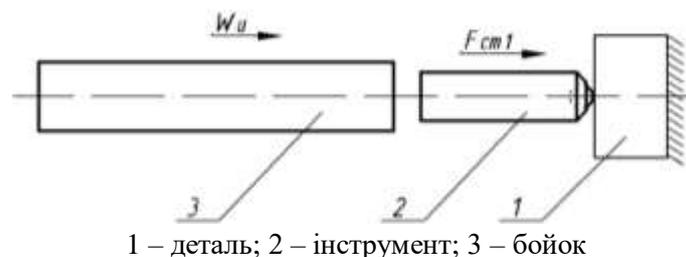


Рис. 1. Схема ударної системи

Враховуючи особливості СІО ударні пристрої повинні забезпечувати передачу енергії удару в зону деформації з максимальним ККД, що досягається раціональним співвідношенням геометричних параметрів ударної системи (бойок-інструмент) [14] і мати низьку металоємність. Це дозволить встановлювати ударні пристрої на металооброблювальні верстати (токарні, фрезерні та інші).

Авторами запропонована технологія біполярної СІО НСП кульових пальців для реалізації якої потрібно було вирішити низку завдань:

- 1 Розрахувати параметри ударної системи для реалізації керованого імпульсного зміцнення НСП;
- 2 розробити устаткування для реалізації способу біполярної СІО НСП;
- 3 розробити рекомендації з використання СІО для обробки НСП кульових пальців.

**Перше завдання** – розрахунок ударної системи, вирішувалося відповідно з методикою викладеною в [15]. Для вирішення поставленої задачі в роботі запропоновано нову модель ударної системи генератора механічних імпульсів (ГМІ) з статичним навантаженням ступінчатого бойка та інструмента (рис. 2).

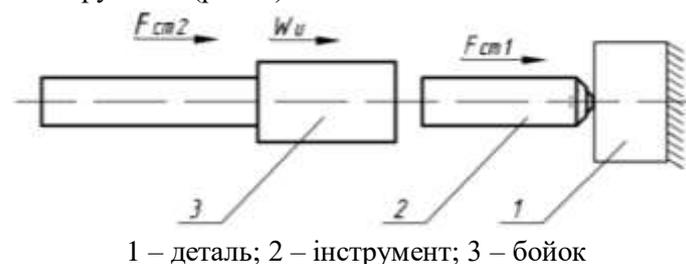
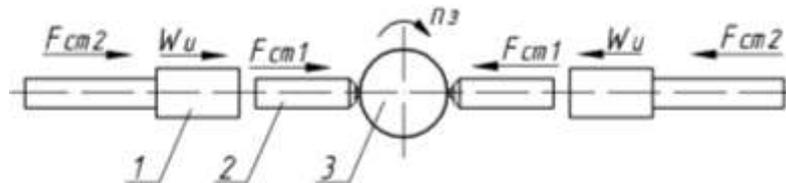


Рис. 2. Конструктивна схема ударної системи з статичним навантаженням бойка та інструмента

Статичне та динамічне навантаження бойка ГМІ забезпечується за рахунок енергії пружно-деформованого тіла (стисненої пружини), параметри якої розраховуються так, щоб частина її потенціальної енергії перетворювалась в кінетичну енергію бойка  $W_u$ , а інша витрачалась на статичне навантаження бойка  $F_{cm2}$ , і унеможлилювала його відскок.

На основі запропонованої схеми (рис 2) з метою підвищення продуктивності процесу обробки та коефіцієнта використання енергії запропоновано схему біполярного зміцнення, (рис 3). За такої схеми обробки деталь одночасно сприймає дві зустрічні деформаційні хвилі, енергія яких з максимальною ефективністю використовується для ППД заготовки і не поглинається масивною наковальнею, відсутність якої знижує металоємкість конструкції пристрою.



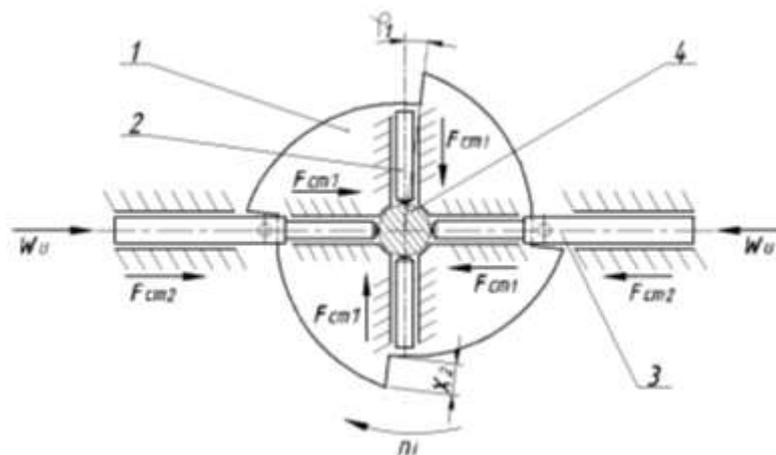
1 – боек; 2 – інструмент; 3 – заготовка

Рис. 3. Схема біполярного зміцнення

Під час зміцнення поверхневого шару з одночасним формуванням геометрично визначеного мастило утримуючого мікрорельєфу висуваються додаткові вимоги до глибини та діаметра пластичних відбитків, величина яких залежить від радіуса сфери деформуючого елемента (ДЕ), питомої енергії ударного навантаження та коефіцієнта перекриття пластичних відбитків  $K$ . Отже виникає необхідність в отриманні залежності, для визначення енергії одиничного ударного навантаження, при зміні радіуса сфери ДЕ, за умови забезпечення сталої мікротвердості. Враховуючи складність теоретичного описання ударної хвилі, яка формується при переході через інструмент в деталь, перевагу надають експериментальним дослідженням [16]. Які проводились за відомим методом експериментально-теоретичної рівноваги і детально описані в роботі [15].

Друге завдання – розробка конструкції устаткування для реалізації СЮ, вирішувалось з урахуванням геометричних параметрів ударної системи, які розраховувались згідно до методики [15].

Для генерування імпульсного навантаження запропоновано конструкцію генератора механічних імпульсів біполярної дії. В основі запропонованого генератора (рис.4) використовується кулачковий ударний механізм здатний здійснювати серію ударів за один оберт кулачка та нова модель ударної системи [18].



1 – кулачок; 2 – інструмент; 3 – боек; 4 – заготовка.

Рис. 4. Схема генератора механічних імпульсів біполярної дії:

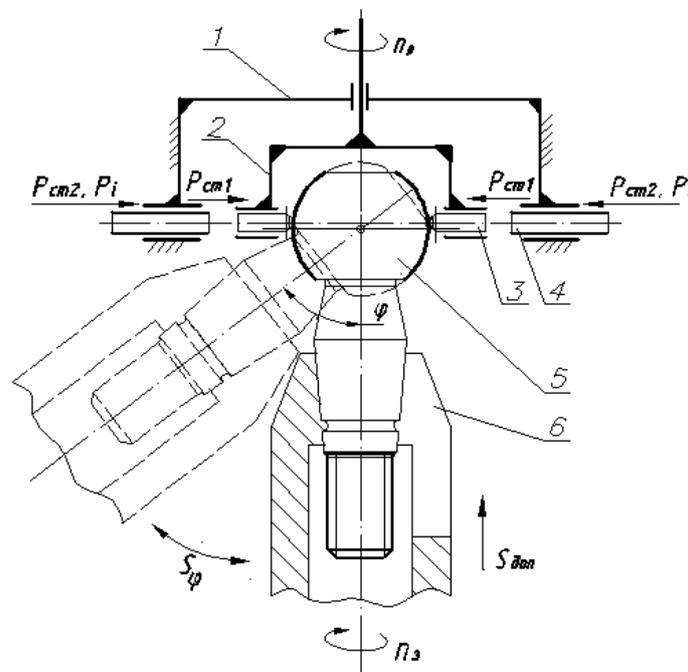
Генератор містить кулачок 1 з інструментальною головкою, з статично навантаженими інструментами 2 (виконаними з можливістю переміщення у напрямку перпендикулярному до осі обертання кулачка 1) та ударні механізми 3 прикріплені на корпусі ГМІ (не показано).

Взведення підпружинених бойків 3 здійснюється кулачком 1, який обертається з частотою  $n_i$  та має з ними кінематичний зв'язок. Під час робочого ходу бойка маси  $m$

відбувається перетворення потенціальної енергії стисненої пружини в кінетичну енергію бойка, який розганяється до передударної швидкості  $V$ . В момент удару бойка відбувається передача механічної енергії статично навантаженому інструменту 2, які в подальшому набувають спільної швидкості  $V_u$ , чим забезпечується статико-імпульсне деформаційне навантаження на оброблювану поверхню заготовки 4. ГМІ такої конструкції дозволяє забезпечити ефективне використання енергії удару, а також підвищити продуктивність процесу обробки.

Відповідно до запропонованої конструкції ведучою ланкою є кулачок, а виконавчим органом (вихідною ланкою) бойок (штовхач) з центральним розташуванням (роликівим наконечником). Переміщення бойка описується залежністю:  $x_2 = \varphi_x(\varphi)$ , де  $x_2$  – прямолінійне переміщення бойка при повороті кулачка на кут  $\varphi$ . Під час повороту кулачка (в період віддалення) бойок в напрямних рухається прямолінійно, а в період наближення розганяється до передударної швидкості за рахунок потенціальної енергії стисненої пружини. В період ближнього стояння здійснюється удар бойка по інструменту з наступним вистом. Результати детальних досліджень робочого циклу ГМІ, математична модель роботи, а також комп'ютерне моделювання робочих циклів генератора проведене з використанням системи для кінематичного та динамічного аналізу технічних систем SOLIDWORKS Motion наведені в [17].

Розроблено кінематичну схему пристрою для біполярної СІО НСП, яка наведена на рис.5.



1 – корпус; 2 – ротор; 3 – деформуючий елемент; 4 – бойок; 5 – заготовка; 6 – пристосування для закріплення заготовки

Рис.5. Кінематична схема пристрою біполярної статико-імпульсної обробки НСП

Згідно до кінематичної схеми ротору деформуючої головки надається обертовий рух відносно осі  $ZZ$  з частотою  $n_i$ , об/хв. Кульовий палець обертається з частотою  $n_3$ , об/хв навколо власної осі від індивідуального приводу та відхиляється у процесі обробки на деякий кут  $\alpha$  у площині деформуючих елементів (кутова подача).

Сферична поверхня пальця знаходиться у постійному контакті з статично навантаженими інструментами силою  $F_{cm1}$ . Періодичне імпульсне навантаження  $W_u$ , генерується ударною системою, тобто ударами бойків по інструментам з періодичністю заданою механічним генератором імпульсів. Схема формування мікрорельєфу на НСП при біполярному зміцненні зображена на рис. 6.

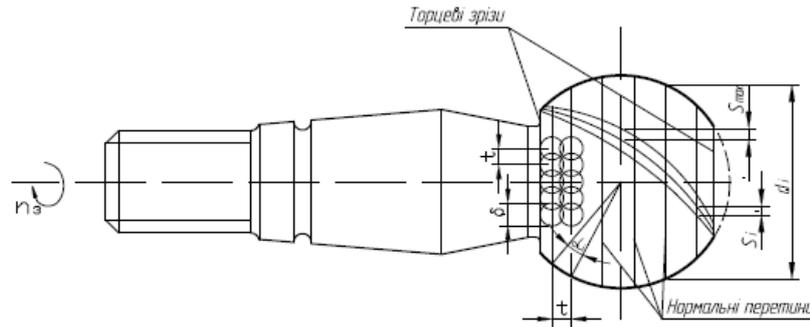
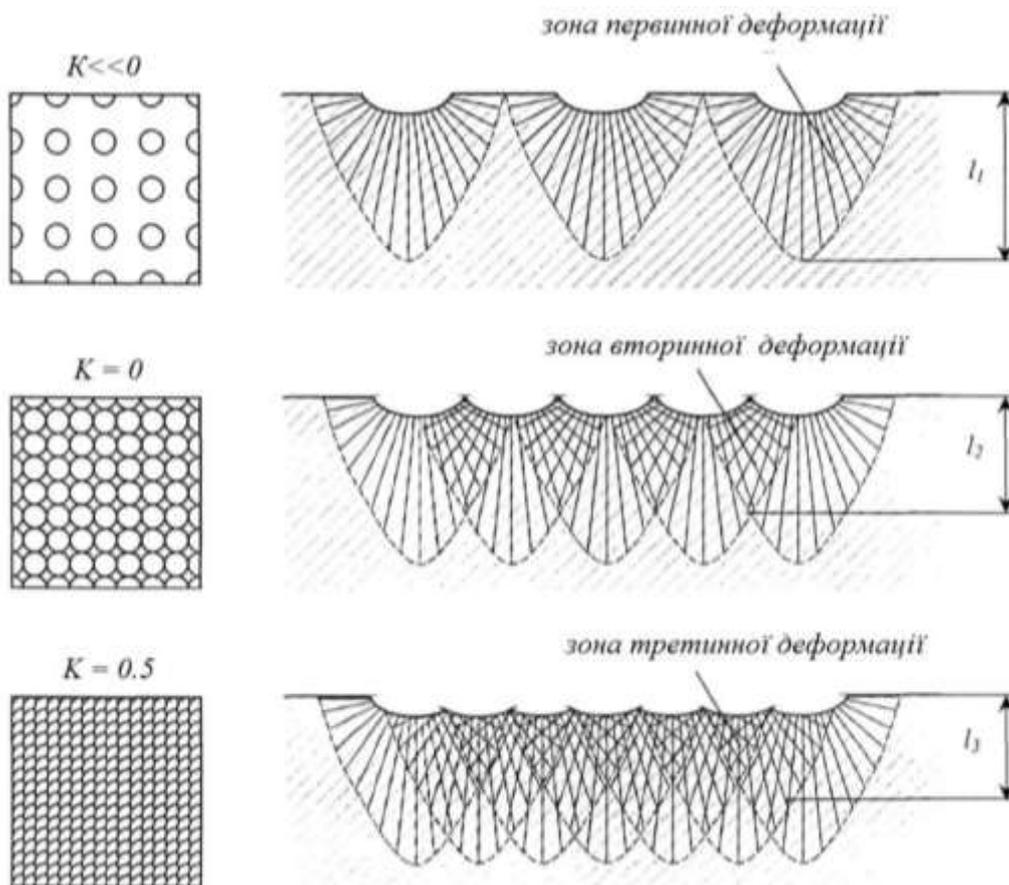


Рис. 6. Схема утворення мікрорельєфу на сферичній поверхні

В залежності від режимів обробки на сферичній поверхні заготовки формується зміцнений поверхневий шар з геометрично визначеним мікрорельєфом тип якого задається величиною коефіцієнта перекриття  $K$ . Деякі типи мікрорельєфу та відповідні зони залягання деформації відображені на рис. 7.



$l_1$  – глибина зони первинної деформації;  $l_2$  – глибина зони вторинної деформації;  $l_3$  – глибина зони третинної деформації

Рис. 7. Типи мікрорельєфу та зони залягання деформації в поверхневому шарі деталі залежно від коефіцієнта перекриття  $K$

Розглянуто формування мікрорельєфу в залежності від величини коефіцієнта перекриття пластичних відбитків. Для визначення висоти мікронерівностей та оцінки впливу коефіцієнта перекриття розроблено геометричну модель (рис. 8), де формування мікропрофілю розглядається як слід утворений робочим ходом інструмента.

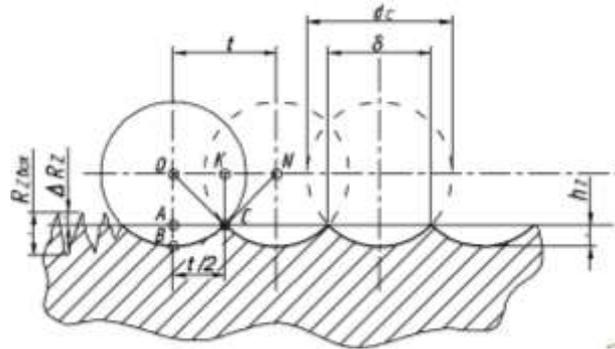


Рис. 8. Геометрична модель формування мікропрофілю

Згідно до розрахункової схеми (рис. 8) висота мікровиступів може бути визначена за формулою:

$$h_z = OB - OA = OB - \sqrt{OC^2 - AC^2} = OB - \sqrt{OC^2 - (t/2)^2}, \quad (1)$$

де  $t$  – крок між відбитками який визначається за формулою:

$$t = (1 - K)\delta, \quad (2)$$

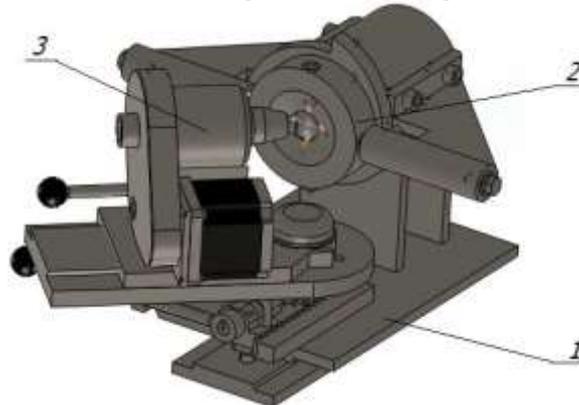
де  $\delta$  – діаметр пластичного відбитка.

Отже формула (1) з врахуванням (2) матиме вигляд:

$$h_z = \frac{d_i}{2} - \sqrt{(d_i/2)^2 - ((1 - K)\delta/2)^2} = \frac{d_i - \sqrt{d_i^2 - ((1 - K)\delta)^2}}{2}, \quad (3)$$

де  $d_i$  – діаметр інструмента.

На основі проведених досліджень та кінематичної схеми (рис. 5) розроблено пристрій для біполярної СІО НСП, 3D модель якого представлено на рис. 9.



1 – платформа; 2 – інструментальна головка для статико-імпульсного деформування; 3 – поворотний пристрій для закріплення заготовки з індивідуальним приводом

Рис. 9. 3D модель пристрою для біполярного статико-імпульсного зміцнення НСП пальця сферичного шарніра

Пристрій встановлюється на призматичних напрямних станини токарного верстата. Інструментальна головка містить ротор, який приводиться в рух від шпинделя верстата. На роторі розміщені статично навантажені деформуючі елементи. Ударні механізми інструментальної головки мають кінематичний зв'язок з генератором механічних імпульсів, виконаним у вигляді кулачкового механізму, встановленого на роторі. Це забезпечує статико-імпульсне навантаження на сферичну поверхню кульового пальця, закріпленого у поворотному пристрої з індивідуальним приводом. Причому поворотний стіл кінематично зв'язаний із супортом верстата.

Запропоноване рішення розширює технологічні можливості поверхневого пластичного зміцнення завдяки використанню біполярного статико-імпульсного ППД, що підвищує продуктивність і точність обробки та дозволяє керувати глибиною зміцненого шару, ступенем зміцнення і мікрорельєфом сферичної поверхні кульового пальця.

Для вирішення *третього завдання* необхідно здійснити вибір технологічних та конструктивно-технологічних параметрів процесу обробки, а також підібрати параметри генератора механічних імпульсів. Для цього в роботі розроблена методика розрахунку і призначення режимів обробки, заснована на експериментальних дослідженнях та теоретичних і комп'ютерних моделях. Блок-схема алгоритму розрахунку параметрів процесу зміцнення відображена на рис. 10.

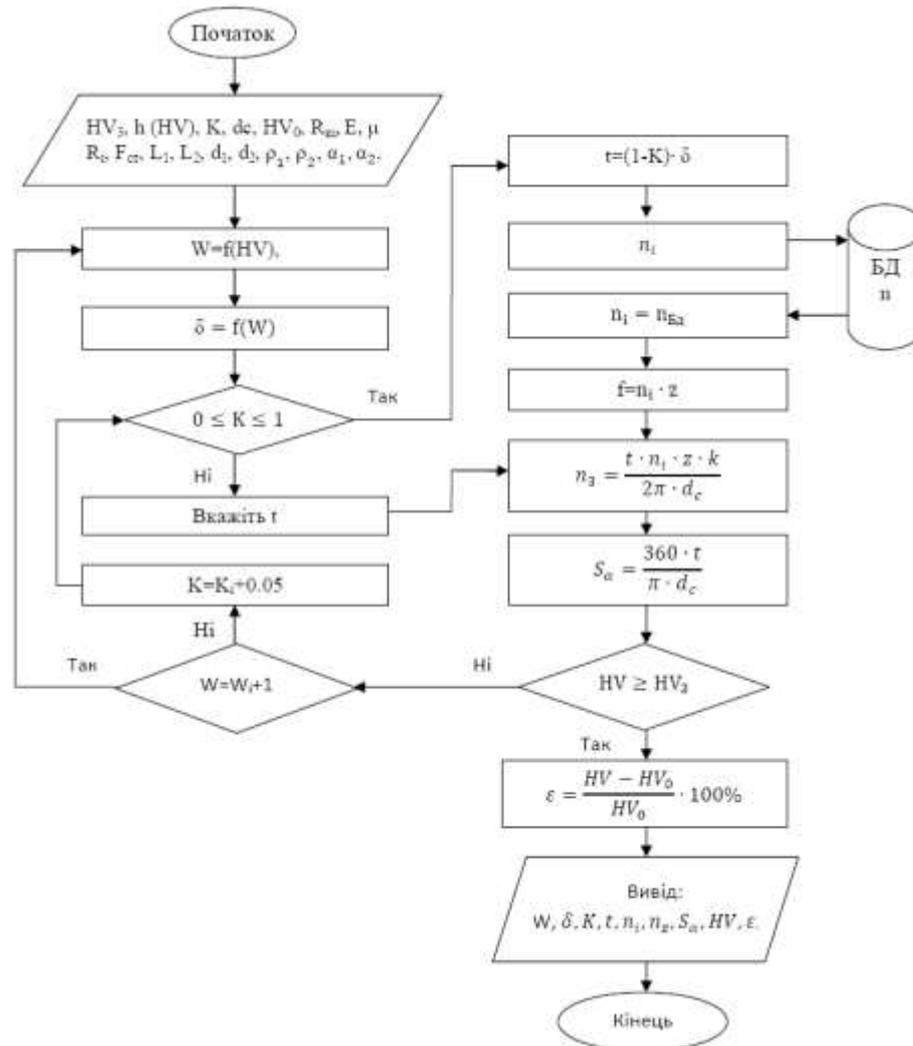


Рис.10. Алгоритм розрахунку параметрів процесу зміцнення деталей з НСП

Алгоритм працює наступним чином:

1 вводяться вихідні дані для розрахунку:

- необхідні параметри зміцненого поверхневого шару ( $HV$ ,  $h(HV)$ )
- коефіцієнт перекриття  $K$ ;
- параметри оброблюваної деталі ( $d_c$ ), марка сталі та характеристики оброблюваного матеріалу ( $HV_0$ ,  $R_m$ ,  $E$ ,  $\mu$ );
- конструктивно-технологічні параметри ударної системи ( $R_i$ ,  $F_{ct}$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $z$ ,  $k$ ).

1.1 визначення по експериментальним залежностям значення енергії одного удару  $W$  і діаметр пластичного відбитка  $\delta$ ;

1.2 перевірка умови коефіцієнта перекриття  $0 \leq K \leq 1$  та визначення кроку відбитків  $t$ , а також типу мікрорельєфу;

2 Визначення основних параметрів режимів обробки:

2.1 Прийняття частоти обертання інструменту  $n_i$  із стандартного ряду частот обертання шпинделя верстата;

2.2 Визначення частоти ударів по інструменту  $f_i$ ;

2.3 Визначення частоти обертання заготовки  $n_3$ ;

2.4 Визначення кутової подачі  $S_\alpha$ , на один оберт заготовки.

3 Перевірка отриманих параметрів поверхневого шару:

3.1 порівняння базових значень мікротвердості із заданими  $HV \geq HV_3$  та визначення ступеня зміцнення  $\varepsilon$ . Якщо умова виконується, то перехід на наступний рівень, а якщо ні – то необхідно збільшити коефіцієнт перекриття.

4 вивід результатів:

4.1 вивід скоригованих значень характеристик зміцненого поверхневого шару  $HV, h(HV)$  та конструктивних і конструктивно-технологічних параметрів СЮ та ГМІ.

Для встановлення ефективності запропонованих рішень проведено експериментальні дослідження оцінки довговічності СШ за критерієм зносостійкості деталей пари тертя (палець-вкладиш), за відомою методикою по схемі «сферична поверхня-фаска» [18]. Порівняння результатів випробувань показали, що довговічність шарніра із пальцем з сталі 40Х зміцненим запропонованим способом, при  $K=0.7...0.9$  зросла на 20% у порівнянні з обкатаним.

**Висновки.** Розглянуто способи зміцнення поверхневого шару деталей машин методами ППД та шляхи підвищення ефективності використання енергії удару при статико-імпульсному зміцненні. Запропоновано нову модель ударної системи з статичним навантаженням бойка та інструмента, а також схему обробки біполярним ударом.

Розроблено модель генератора механічних імпульсів та пристрій для зміцнення НСП. Досліджено процес формування мікрорельєфу в залежності від коефіцієнта перекриття, а також розроблено геометричну модель формування шорсткості. Виведено рівняння для визначення висоти мікрорельєфу в залежності від параметрів процесу обробки.

Розроблено методику та алгоритм розрахунку параметрів ГМІ.

Проведено експериментальні дослідження оцінки довговічності СШ за критерієм зносостійкості деталей пари тертя (палець-вкладиш). Встановлено, що довговічність шарніра із пальцем з сталі 40Х, зміцненим при  $K=0.7...0.9$  зросла на 20% у порівнянні з обкатаним.

Таким чином запропоновані рішення розширюють технологічні можливості поверхневого пластичного зміцнення завдяки використанню біполярного статико-імпульсного ППД, що підвищує продуктивність і точність обробки та дозволяє керувати глибиною зміцненого шару, ступенем зміцнення і мікрорельєфом сферичної поверхні кульового пальця.

Подальші дослідження будуть спрямовані на виявлення параметрів СЮ, які найбільше впливають на якість робочої поверхні пальця, та встановлення взаємозв'язків між параметрами обробки і геометричними параметрами мастило утримуючої лунки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Косіюк М.М. Підвищення довговічності рухомих сферичних шарнірних з'єднань / М.М. Косіюк, С.А. Костюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – № 2. – С. 47-51.
2. Дыха А. В. Повышение несущей способности подшипника скольжения с маслоудерживающими канавками / А.В. Дыха, О.П. Бабак // Проблемы трибологии. – 1997. – № 1. – С. 25-27.
3. Бабак О.П. Повышение износостойкости трибосопряженной путем формирования маслоудерживающего профиля / О.П. Бабак, А.Г. Кузьменко А.Г., Пасечник А.А. // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2002. – № 4 Ч.1. – С. 7-12.
4. Киричек А.В. Создание гетерогенной структуры материала статико-импульсной обработкой / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев // СТИН. – 2007. – № 12. – С. 28-31.
5. Степанов Г.В. Упругопластическое деформирование и разрушение материалов при импульсном нагружении / Г.В. Степанов – Киев: Наукова Думка, 1991. – 288 с.
6. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением / Ю.Г. Шнейдер. – Справочник. СПб.: Политехника, 1998. – 414 с.
7. Зайдес С.А. Современное состояние отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием / С.А. Зайдес // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – Т. 20, № 10. – С. 28-34.
8. Киричек А.В. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием / А.В. Киричек, Д.Л. Соловьев, А.Г. Лазуткин. – М.: Машиностроение, 2004. – 288 с.

9. Xiaolei Wu, Muxin Yang, Fuping Yuan, Guilin Wu, Yujie Wei, Xiaoxu Huang, and Yuntian Zhu. Heterogeneous lamella structure unites ultrafine-grain strength with coarse-grain ductility. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015;112:14501–14505.
10. Muxin Yang, Dingshun Yan, Fuping Yuan, Ping Jiang, Evan Ma, and Xiaolei Wu. Dynamically reinforced heterogeneous grain structure prolongs ductility in a medium-entropy alloy with gigapascal yield strength. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2018 Jul 10; 115(28): 7224–7229. doi:10.1073/pnas.1807817115.; PMC 6048477.
11. Бойцов А.Г. Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами / А.Г. Бойцов, В.Н. Машков, В.А. Смоленцев, Л.А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 1991. – 144 с.
12. Киричек А.В. Перспективы статико-импульсного упрочнения и формообразования шлицев. / А.В. Киричек, А.Г. Лазуткин, Д.Л. Соловьев и др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы технологии машиностроения – Технология – 2002: Мат. III междунар. научн.-техн. конф. Орел: 2002. – С.167-170.*
13. Суслов А.Г. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008 – 320 с.
14. Киричек А.В. закономерности волнового деформационного нагружения очага деформации / А. В. Киричек, Д.Л. Соловьев, С.А. Силантьев // *Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева* 2017. №2 (41). С – 144-147.
15. Костюк С.А. Підвищення ефективності використання енергії удару при статико-імпульсному зміцненні поверхневим пластичним деформуванням / С.А Костюк, М.М. Косіюк // *Вісник ХНУ. – 2018. – № 4. – С.48-56.*
16. Алимов О.Д. Распространение волн деформаций в ударных системах / О.Д. Алимов, В.К. Манжосов, В.Э. Еремьянц, Ю.В. Невенчаный – Фрунзе: ИЛИМ, 1980. – 200 с.
17. Костюк С.А. Механічний генератор імпульсів машини ударної дії для статико-імпульсного зміцнення / С.А Костюк, М.М. Косіюк // *Вісник ХНУ – 2018 – № 5. – С. 302-308.*
18. Кузьменко А.Г. Износ и надежность шаровых опор подвески переднего колеса автомобиля (расчеты и испытания)// *Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2009. – № 3. – С. 29–52.*

# СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДА НА ЖИДКИЙ МЕТАЛЛ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ РАСПЫЛЯЮЩЕЙ СТРУЕЙ ВОЗДУХА

*Роянов Вячеслав Александрович, директор института Металлургии, доктор технических наук профессор,*

*Захарова Ирина Вячеславовна, преподаватель, доцент кафедры автоматизации и механизации сварочного производства,*

*Крючков Никита Сергеевич, аспирант,*

*Пугачев Евгений Витальевич, магистр,*

*Приазовский Государственный Технический Университет, Украина*

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/31052019/6508](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6508)

## ARTICLE INFO

**Received:** 15 March 2019

**Accepted:** 22 May 2019

**Published:** 31 May 2019

## KEYWORDS

liquid metal, electrode, electric arc metallization, pulsing jet, coating, congruent figures, air consumption, pulsing feed, metallized coating.

## ABSTRACT

In electric arc metallization an intensive oxidation of the spraying metal takes place due to the oxygen contained in the air which causes a great reduction in contents of alloying elements in the coating. In order to reduce the oxidizing impact of the air-spraying jet on the liquid metal of electrodes a method involving pulsing air feed has been developed. This is achieved by introducing an additional element into the spraying head of an electric arc metallizer.

The analytical dependencies presented in this paper are to determine the level of reduction of air consumption in electric arc spraying as well as the reduction in the mass of oxygen in contact with the air. There have been represented some examples of chemical composition of coatings when air consumption is dropped by 35-40% which diminishes the energy give-out on its reproduction.

**Citation:** В. А. Роянов, И. В. Захарова, Н. С. Крючков, Е. В. Пугачев. (2019) Snizhenie Vozdejstviya Kislороda na Zhidkij Metall Elektrodoв pri Elektrodugovom Napylenii Pul'siruyushchej Raspylyayushchej Struej Vozduha. *World Science*. 5(45), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31052019/6508

**Copyright:** © 2019 В. А. Роянов, И. В. Захарова, Н. С. Крючков, Е. В. Пугачев. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Введение.** Для нанесения покрытий в настоящее время широкое применение находит метод электродуговой металлизации. Известно, что в процессе электродугового напыления происходит интенсивное взаимодействие распыляющей струи воздуха с распыляемым материалом, что приводит к значительному выгоранию легирующих элементов. Интенсивность окисления увеличивается с ростом таких параметров как давление сжатого воздуха, расстояние от сопла аппарата до напыляемой детали, что оказывает отрицательное влияние на технологические свойства покрытия [1-5]. В частности, снижение содержания углерода, марганца, кремния в покрытии по сравнению с распыляемым материалом составляет 42,86%, 40,0%, 30,0% соответственно [1].

### **Анализ литературных данных и постановка проблемы.**

С целью снижения окислительного воздействия распыляющей струи на жидкий металл торцов плавящихся электродов используют различные приемы. Так в работе [3] приведен пример использования чистых инертных газов в комбинации с воздухом для распыления материала. Ряд работ направлен на совершенствование конструкций распыляющих головок

электродуговых металлаторов. В распыляющих головках [6-10], выполненных в виде корпуса, в котором располагается воздушно-распыляющее сопло обеспечивающее подачу сжатого воздуха, как правило предусматривается совершенствование конструкции воздушного сопла путем использования вставок и устройств, обеспечивающих изменение в воздушно-распыляющем потоке. Известные распыляющие головки не значительно снижают окислительное влияние распыляющего воздуха, не обеспечивают ресурсосбережение за счет уменьшения расхода распыляющего воздуха и затрат электроэнергии на его получение.

Значительное снижение окислительного потенциала распыляющего потока призван обеспечивать метод активированной электродуговой металлации, когда наряду с электрической дугой распыление металла электродов осуществляется потоком газов сжигаемой пропаново-бутановой смеси [11,12]. Авторы отмечают существенное повышение качества электрометаллизационных покрытий. Однако при этом имеет место значительное увеличение затрат на получение покрытий вследствие существенных дополнительных расходов горючего газа.

Авторами настоящей работы [13,14] с целью снижения окислительного воздействия воздушно-распыляющей струи на жидкий металл торцов электродов предложено применить импульсную подачу воздуха, путем введения дополнительного элемента в распыляющую головку дугового металлатора. В качестве дополнительного элемента разработано устройство, в котором пульсация воздушно-распыляющей струи достигается периодическим перекрытием канала сопла металлатора.

Кинематическая схема усовершенствованной распыляющей головки представлена на рисунке 1. Принцип действия следующий: на входе от магистрали воздуха  $P_{\text{МОЗ}}$  в распыляющую систему металлатора, после редуктора давления 7, с помощью которого устанавливается рабочее давление, располагается пульсатор 5. При достижении рабочего давления воздуха манометр 6 включает электродвигатель 8 через муфту вращающий клапан пульсатора 5. В результате на распыляемый электродный материал 4 в зоне дуги подается пульсирующий поток воздуха.

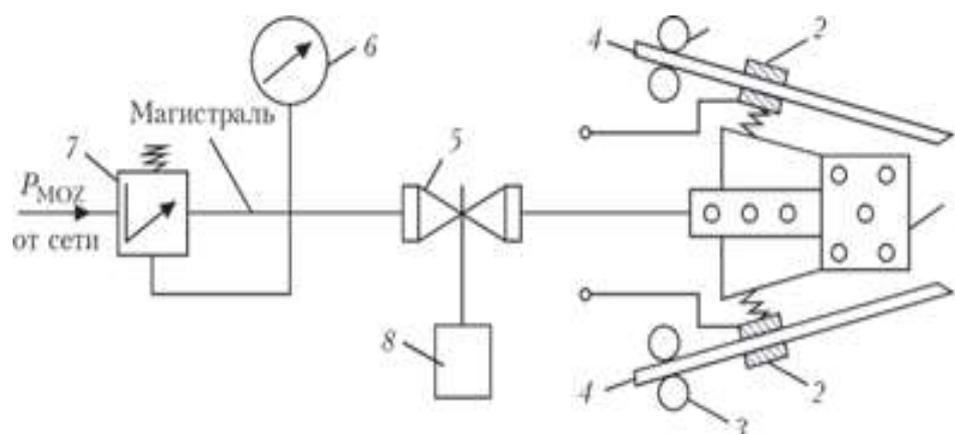


Рис. 1. Схема головки для пульсирующего распыления: 1 – распыляющее сопло; 2 – токоподводы; 3 – ролики; 4 – электродный материал; 5 – пульсатор; 6 – манометр давления; 7 – редуктор давления; 8 – электродвигатель

Работа пульсатора заключается в периодическом перекрытии вращающегося клапана канала сжатого воздуха. Форма сечения канала клапана определяет форму импульсного потока.

Пример перекрытия канала при округлой форме проходного сечения приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Схема перекрытия канала воздушно-распыляющей струи металлатора: а – канал перекрыт на 100%; б – открыт на 25%; в – открыт на 50%; г – открыт на 75%; д – канал для распыляющего потока полностью открыт

Такая схема перекрытия обеспечивает синусоидальную форму импульса с плавным нарастанием к максимальному потоку, что не всегда соответствует поставленной задаче.

После проведения исследований рекомендовано прямоугольное сечение канала пульсатора, что позволяет получать импульсы потока прямоугольной формы, и обеспечивает некоторое время плавления электродов при полном отсутствии воздействия потока воздуха, рисунок 4.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является исследование количественных характеристик взаимодействия кислорода распыляющей струи с жидким металлом электродов, чтобы определить количество кислорода, участвующего в реакциях с легирующими элементами.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определить влияние частоты пульсаций на величину расхода воздуха при распылении;
- разработать методики исследования количественной оценки взаимодействия кислорода воздуха с распыляемым металлом электродов;
- представить методику определения массы контактирующего кислорода при распылении металлических электродов;
- определить влияние пульсирующего потока на химический состав покрытия.

**Обоснование и методика исследования.** Авторами настоящей работы [13,14] с целью снижения окислительного воздействия воздушно-распыляющей струи на жидкий металл торцов электродов предложено применить импульсную подачу воздуха. Однако не представлена при этом количественная оценка снижения расхода воздуха и количества кислорода распыляющей струи при взаимодействии с распыляемыми электродами.

Ниже приведено решение поставленной задачи – определение изменения расхода воздуха в зависимости от площади перекрытия сопла.

С достаточной степенью точности определяется доля потока воздуха при вращении клапана пульсатора в зависимости от изменения площади сопла [14]:

$$G_i = G \frac{F_{om}}{F_c}, \quad (2)$$

где  $F_{om}$  – площадь проходного сечения

$G$  – расход воздуха металлатора

$F_c$  – площадь сопла металлатора

Площадь проходного сечения сопла при вращении клапана пульсатора определяется как:

$$F_{om} = F_c - F_{nep}, \quad (3)$$

где  $F_{nep}$  – площадь перекрытия сопла металлатора.

Принимаем площадь перекрытия как часть (в %) площади сопла при вращении за один оборот от полного открытия до закрытия:

$$F_{nep} = F_c \cdot \kappa,$$

где  $\kappa = 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100$  %. Уровень открытия сопла определится из выражения:

$$F_{om} = F_c - F_c \kappa = F_c (1 - \kappa). \quad (4)$$

Изменение расхода воздуха за один оборот клапана пульсатора с учетом выражения (4) составит:

$$G_i = G \frac{F_c (1 - \kappa)}{F_c} = G (1 - \kappa) \quad (5)$$

На рисунке 3 приведена зависимость изменения расхода воздуха через сопло металлатора при различной степени перекрытия сопла (для оптимального расхода  $2 \text{ м}^3/\text{мин}$ )

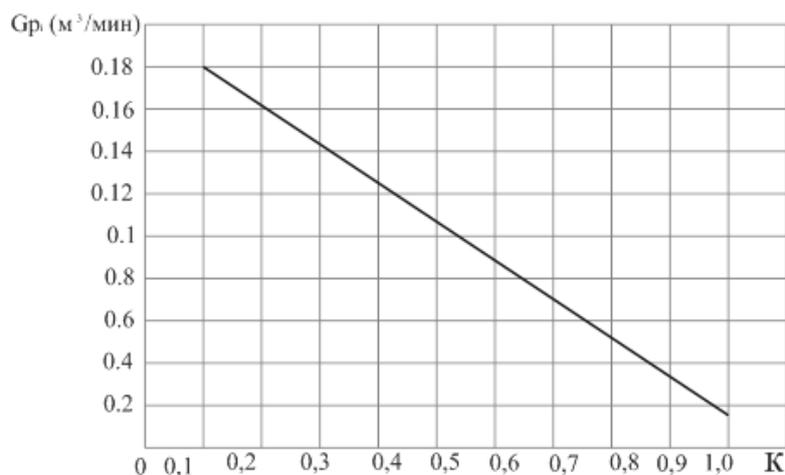


Рис. 3. Характер изменения расхода воздуха через сопло металлатора в зависимости от степени перекрытия проходного сечения

При полном перекрытии проходного сечения распыляющий поток воздуха практически отсутствует.

Далее определяем изменение расхода воздуха при перекрытиях канала сопла металлатора с частотой  $n$  об/сек. Полный поворот клапана пульсатора – цикл  $t$  состоит из времени перекрытия  $t_{пер}$  и времени открытия  $t_{от}$

$$t = t_{пер} + t_{от}.$$

Проводились исследования формы импульсов динамического напора струи в зависимости от площади проходного сечения канала сопла металлатора [14]. Экспериментальные замеры формы импульсов и динамического напора в зависимости от частоты вращения клапана пульсатора осуществляли методом воздействия распыляющей струи на металлическую пластину, на которой установлен тензодатчик. Сигналы с тензодатчика регистрировались с помощью осциллографа.

Из приведенных осциллограмм, рисунок 4, видно, что распыляющая струя носит пульсирующий характер с временными промежутками. Как показали исследования, применение различного проходного сечения канала сопла позволяет изменять и характер нарастания самого импульса. Так при использовании круглого сечения импульс имеет синусоидальную форму плавно возрастающую и с ниспадающим напором. (рисунок 4, а, б). При использовании прямоугольного сечения проходного канала имеет место возрастание и падение напора струи, синусоидальность практически отсутствует. Общим для округлой и прямоугольной форм перекрытия (рисунок 4. в, г) является наличие паузы в распылении, необходимом для образования жидкого металла на торце электродов.

В дальнейшем в работе проводились исследования с прямоугольной формой импульсов

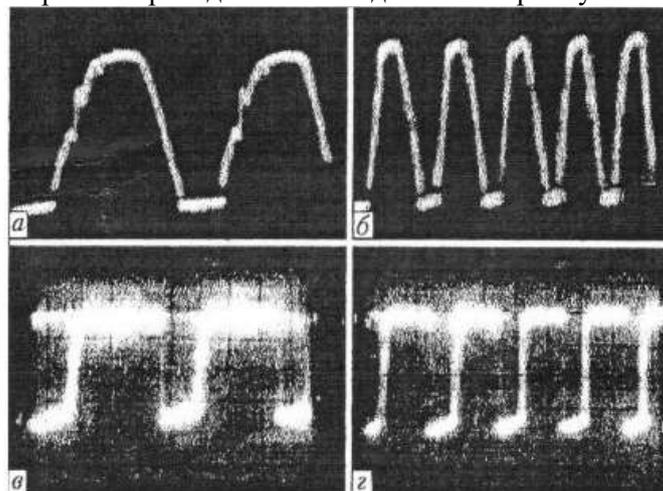


Рис. 4. Изменение динамического напора струи в зависимости от применяемого проходного сечения сопла, частота пульсации 30 (а), 65 (б) – круглое сечение, 40(в), 75 (г) Гц – прямоугольное сечение клапана пульсатора

Из осциллограмм не трудно усмотреть, что время открытия сопла значительно больше времени на перекрытие  $t_{от} \geq t_{пер}$ , на основе анализа осциллограмм принимаем с достаточной степенью точности:

$$t_{от} = p \cdot t, \quad (6)$$

где  $t$  – полное время цикла, сек

$p$  – период открытия канала пульсатора из общего цикла (по данным рисунка 4,  $p = 70-80\%$ ). Тогда при частоте  $n$  за время  $T$  при расходе  $G$  объем воздуха составит:

$$V_g^n = G \cdot p \cdot T. \quad (7)$$

Подставим вместо  $G_i$  его значение через общий расход  $G$  в зависимости от положения пульсатора с учетом формулы (5):

$$V_g^n = G \cdot p \cdot (1 - \kappa) \frac{T}{n}, \quad (8)$$

где  $G$  – общий расход воздуха, м<sup>3</sup>/мин

$p$  – период открытия канала пульсатора из общего цикла, %

$n$  – частота пульсаций, 1/сек

$\kappa$  – уровень открытия канала пульсатора, %

Характер изменения объема воздуха, проходящего через сопло в зависимости от частоты пульсаций для значений  $p=80\%$  при различных положениях пульсатора приведен на рисунке 5, по расчетным данным.

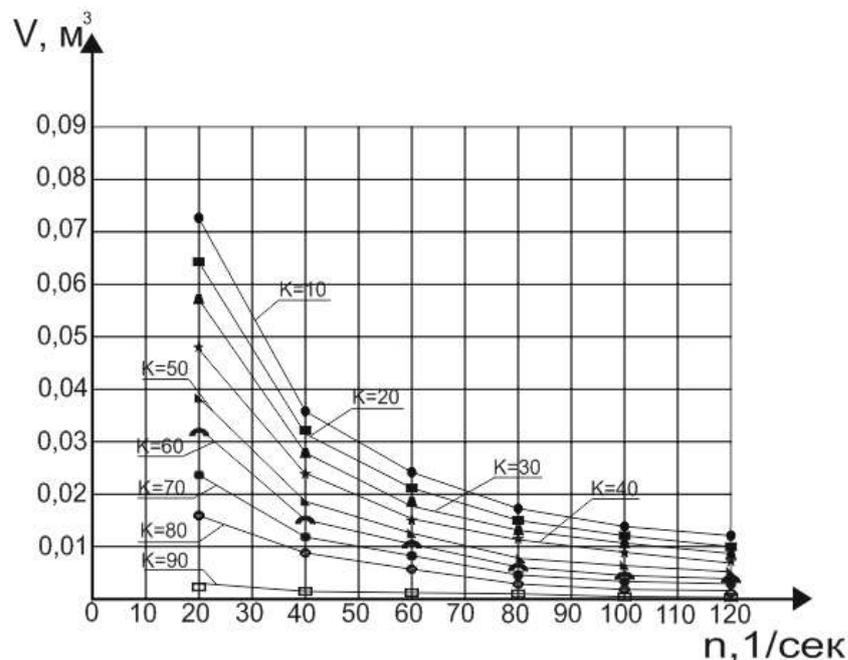


Рис. 5. Влияние частоты импульсов на объем воздуха проходящего через сопло для значений  $p=80\%$ ,  $\kappa=0,1-0,9$  в течение 60 сек.

Из рисунка 5 не трудно усмотреть, что объем распыляющего воздуха значительно снижается в зависимости от повышающейся частоты пульсаций и степени перекрытия сопла металлизатора пульсатором.

При электродуговом напылении химический состав покрытия определяется воздействием кислорода воздуха на распыляемый материал. Определяем количество кислорода в распыляющей струе при одном повороте клапана пульсатора с учетом приведенных выше уравнений для расхода воздуха 2 м<sup>3</sup>/мин

$$m_{ni} = V_i \cdot a_{o_2} \cdot \gamma_{o_2}, \quad (9)$$

где  $\alpha_{O_2}$  – объемный процент содержания кислорода в воздухе (принимается 21%);

$\gamma_{O_2}$  – удельный вес газа кислорода при температуре 20°C и давлении 760 мм. рт. ст., 1,3 г/см<sup>3</sup>

С учетом выражений (8) масса кислорода из общего потока, для различных положений клапана пульсатора ( $k$ ) определяется из уравнения:

$$m_{ki} = \frac{G \cdot p \cdot T \cdot (1 - k)}{n} \alpha_{O_2} \gamma_{O_2} \quad (10)$$

Результаты расчетов массы кислорода в распыляющем потоке приведены на рисунке 6.

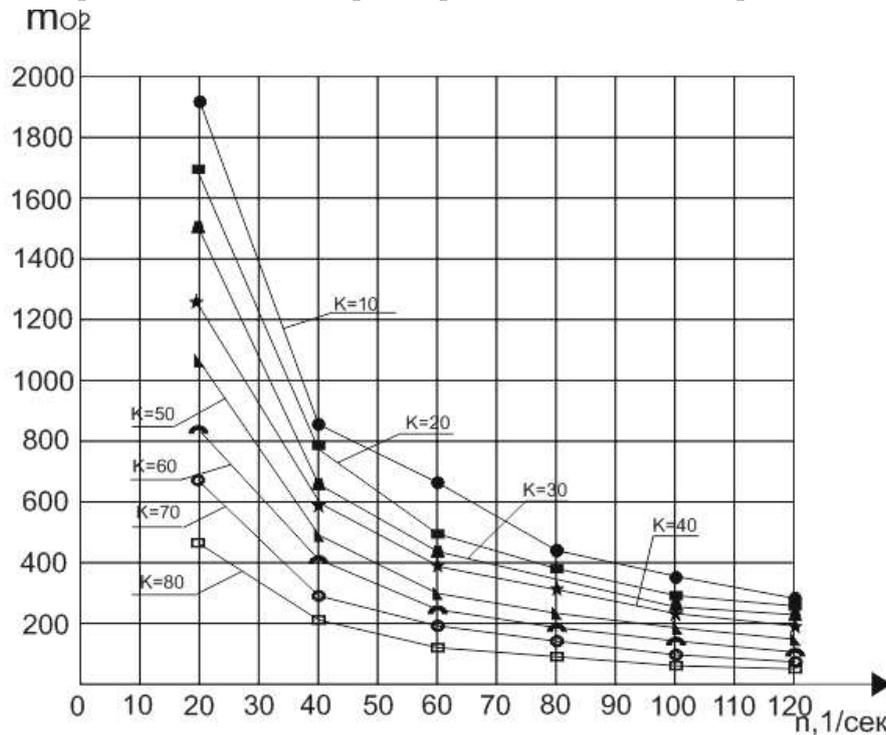


Рис. 6. Влияние частоты импульсов пульсатора на величину массы кислорода воздуха, проходящего через сопло (для значений  $p=80\%$ ,  $k=0,1-0,9$  в течение 60 сек.)

Из рисунков 5 и 6 не трудно усмотреть, что объем воздуха и масса кислорода распыляющей струи снижается с ростом частоты пульсаций в несколько раз. Интенсивность уменьшается также в зависимости от степени перекрытия канал сопла. Аналогичный характер наблюдается при определении массы кислорода в распыляющем потоке, истекающем из сопла металлатора. Приведенные аналитические зависимости позволяют рассчитать объем воздуха и массу кислорода в струе, распыляющей электродный металл. На основании полученных результатов, ниже приводятся расчеты для определения массы кислорода из распыляющей струи, приходящейся на распыляемый металл.

#### Обсуждение результатов исследования.

Для практического применения представленных ранее расчетов важным является установить массу кислорода, приходящуюся на распыление определенной массы распыляемых электродов.

Определим массу кислорода воздуха при пульсирующей подаче при распылении определенного количества металла за время  $t$ . Величину  $t$  определяем из расчета распыления 10 см электродов при различной скорости подачи

$$T = \frac{l}{v_{эл}}, \quad (11)$$

где  $l$  – длина распыляемого электрода (принимается 10 см);

$v_{эл}$  – скорость подачи распыляемого электрода (6-10 см/сек; 3,8-4,2 м/ч)

На основании проведенных исследований, и приведенных ранее данных, определяем массу кислорода ( $m_{O_2}$ ) при распылении электрода из стали 10Г2С длиной  $l = 10$  см, диаметром  $d_{эл} = 2,0$  мм при скорости подачи электродов  $v_{под} = 3,8$  м/мин, (6,3 см/сек), расходе воздуха  $2$  м<sup>3</sup>/мин, по данным [9] для сопла диаметром 6 мм, плотности воздуха  $\gamma_{O_2} = 1,3$  кг/м<sup>3</sup> и объемного содержания кислорода в потоке воздуха  $a_{O_2} = 21\%$ );

Масса кислорода для пульсирующей распыляющей струи определяется из уравнения (10) с учетом выражения (11) при распылении электродов и представляется в виде:

$$m_{п O_2} = \frac{G \cdot p \cdot l}{n \cdot V_{под}} (1 - \kappa) \gamma_{O_2} a_{O_2}, \quad (12)$$

Данное выражение позволяет определить массу кислорода в распыляющем потоке при электродовом распылении электродов с известными параметрами и режимом распыления для различных положений клапана пульсатора, т.е. степени перекрытия канала сопла.

С учетом уравнения 12 и приведенных выше данных при распылении электродов построена номограмма зависимости массы кислорода в потоке при распылении электродов, оптимальной скорости подачи и представленных выше параметров, рисунок 7

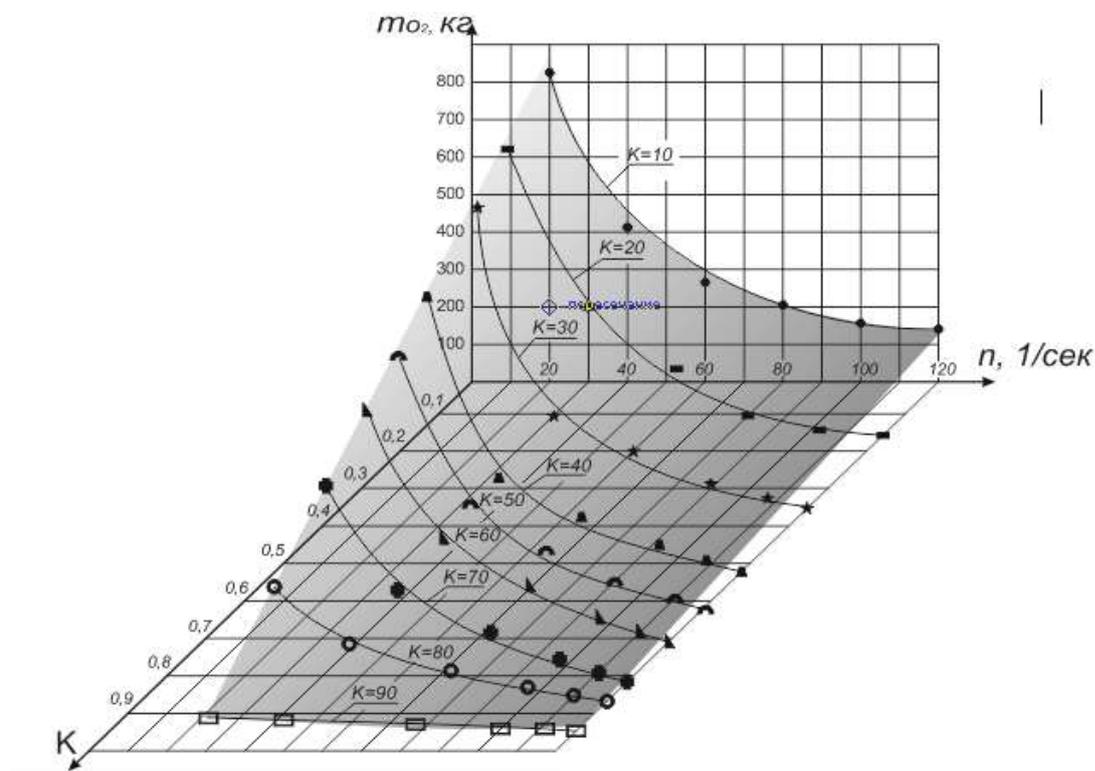


Рис. 7. Номограмма для определения массы кислорода в распыляющем потоке в зависимости от  $\kappa$ -степени перекрытия сопла,  $n$  – частота пульсаций, для проволоки диаметром 2 мм и длиной 100 мм, при скорости подачи 3 м/мин, и время 10 сек.

Из номограммы не трудно усмотреть, что с ростом частоты пульсаций и степени перекрытия канала сопла масса кислорода, взаимодействующего с электродами, значительно снижается.

Для исследования влияния пульсирующей струи на химический состав покрытий использовали проволоки диаметром 2 мм Св-08А, порошковую проволоку ПП-ММ-2, 12Х18Н10Т. Влияние частоты пульсаций воздушно-распыляющей струи на химический состав покрытий представлено на рисунке 8.

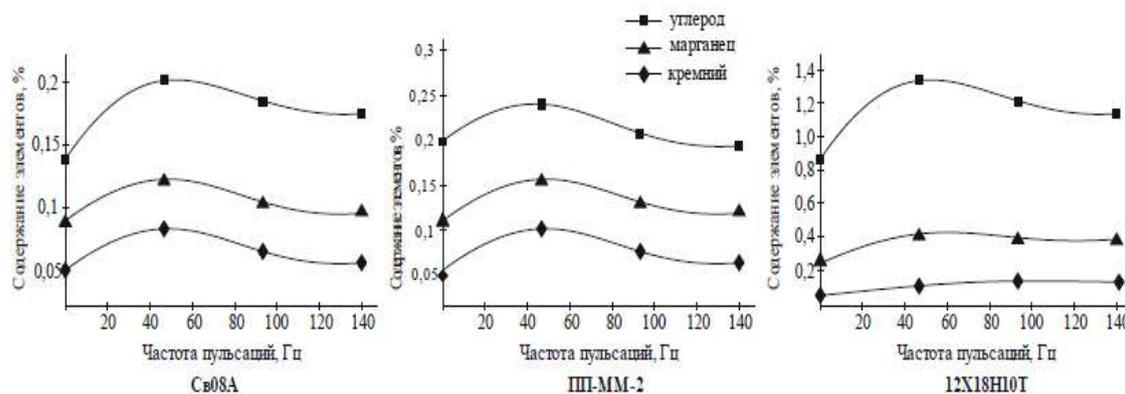


Рис. 8. Влияние частоты пульсаций распыляющей воздушной струи на химический состав покрытий для различных проволок: а – проволока Св-08А; б – порошковая проволока ПП-ММ-2; в – проволока 12Х18Н10Т

Представленные графики показывают, что при использовании пульсирующей воздушно-распыляющей струи имеет место увеличение содержания легирующих элементов в покрытии. Так, при частоте пульсаций 43 Гц содержание углерода возрастает на 38 %, марганца на 46 %, кремния на 42 % для проволоки Св-08А (рисунок 8, а) по сравнению с напыленным покрытием без пульсаций. Аналогичное увеличение содержания элементов наблюдается в напыленных покрытиях при использовании проволок ПП-ММ-2 и 12Х18Н10Т (рис. 8. б, в). Оптимальной частотой пульсаций можно считать диапазон 40 – 60 Гц, наблюдается минимальное окисление элементов. При увеличении частоты более 80 Гц, наблюдается некоторое увеличение потерь, т.к. увеличивается время взаимодействия жидкого металла с кислородом воздушно-распыляющей струи.

#### Выводы.

1. Представлен принцип снижения окислительного воздействия на металл распыляемых электродов с применением пульсирующей подачи воздушного распыляющего потока при электродуговой металлизации за счет введения дополнительного элемента в распыляющую головку металлизатора.
2. Применение пульсирующего распыляющего потока позволяет снизить расход воздуха на 35-40% и затраты энергии на его производство соответственно.
3. Предложено и обосновано определение расхода распыляющего воздуха при использовании импульсной подачи, представлены аналитические зависимости для определения расхода воздуха при пульсирующей подаче в зону дуги.
4. Предложено учитывать часть из расхода воздуха пульсирующей струи электрод при распылении, представлена схема расчета и определения массы кислорода воздуха из потока при распылении участка электродов для определенной скорости подачи.
5. Установлена оптимальная частота пульсаций воздушного потока, которая составляет 40-80 Гц. и обеспечивает значительное снижение окислительного воздействия на металл распыляемых электродов и обеспечивает повышение легирующих элементов в покрытии – 40-80 Гц.
6. Применение пульсирующей распыляющей струи при электродуговом напылении позволяет улучшить химический состав покрытия, например, количество углерода, кремния, марганца. Для проволоки Св-08А содержание углерода увеличивается на 38%, при пульсации 43 Гц. Аналогичное увеличение содержания элементов имеет место при напылении покрытий из порошковых проволок и нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кречмар Э. Напыление металлов, керамики, пластмасс/ Э. Кречмар – перевод с немецкого Стрельцовой Е.М, Мецкевича Д.П. - М.: «Машиностроение», 1956. — 432 с.
2. Катц Н.В. Металлизация распылением М.: «Машиностроение», 1966. — 200 с.
3. А.Хасуи, О.Моригаки. Наплавка и напыление. - М.: Машиностроение, 1985. - 240с.
4. Митин Б.С. порошковая металлургия и напыленные покрытия/ Б.С. Митин М.: Машиностроение, 1987. 791с.
5. Вахалин В.А. / Процессы плавления и распыления материалов при электродуговой металлизации/ В.А. Вахалин, С.Б.Масленников, Кудинов.// Физика и химия обработки материалов. №3.1981, с.58-63.

6. А.с. 1787049 СССР, МКИ В 05 В 7/22. распыляющая металлизационная головка / В.А. Роянов, Г.А. Мосиенко, В.П. Семенов, В.Я. Лавренов. – № 990322; Заявл.22.11.89; Опубл. 07.01.93, бюл. № 1.
7. А.с. 1727923 СССР, МКИ В 05 В 7/22. Устройство для электродуговой металлизации / Ю.С. Борисов, А.Г. Ильенко, Е.А. Астахов, А.Л. Гайдаренко. – №1329835; Заявл.26.06.89; Опубл. 23.04.92, бюл. № 15.
8. Тер-Даниэлян Б. И., Красниченко Л. В.новая распылительная головка электродугового металлизатора // свароч. пр-во. – 1983 – №12. с. 30–32.
9. Роянов В.А, Войцеховский Е.В. Некоторые газодинамические и технологические характеристики воздушно-распыляющих сопел электрометаллизационных аппаратов/Е.В.Войцеховский, В.А.Роянов. – Сварочное производство. №12. 1977. С.18-19
10. Кравченко Л.В. Новая распылительная головка электродугового металлизатора/ Л.В.Кравченко //Сварочное производство -1983. -№12. -с.30-32
11. Коробов Ю.С. Структура и свойства стальных покрытий, нанесенных методом активированной дуговой металлизации /Ю.С. Коробов, А.М. Полякова И.Л. Яковлева//Сварочное производство №1. -1997. -с.4-7.
12. Коробов Ю.С. Расчет параметров движения нагрева и окисления частиц при электродуговой металлизации /Ю.С. Коробов, В.Н. Бороненко//Сварочное производство №3. -1998. - с.9-13
13. Роянов В.А., Бобиков В.И. Патент на корисну модель №95050 МПК /2014.01/B23К 9/00 Розпилююча головка для електродугової металізації. Опубл.10.12.2014. Бюл. №23.
14. Роянов В.А. Устройство для электродуговой металлизации с пульсирующим режимом истечения воздушно-распыляющей струи /В.А. Роянов, В.И. Бобиков //Сварочное производство №4,2015 с.12-15
15. Роянов В.А., Исследование влияния пульсирующего потока на массоперенос металла при электродуговом напылении // В.А Роянов, В.И. Бобиков, И.В Захарова. ISSN2219-7869.НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ДГМА.№3(18E), 2015.242
16. V. Royanov, I.Zakharova, E. Lavrova. Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metalization // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/5 (90) 2017, - С.41-49.

## ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

# METHODOLOGICAL BASES OF THE STUDY OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE CITY

PhD Yuliya Idak

Ukraine, Lviv Polytechnic National University

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/31052019/6509](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6509)

## ARTICLE INFO

**Received:** 28 March 2019

**Accepted:** 25 May 2019

**Published:** 31 May 2019

## KEYWORDS

urban morphology, morphological characteristics of the city, methodological approaches, form, structure.

## ABSTRACT

The aim of the study is to formulate the basic theoretical positions and to substantiate the methodological approaches to the study of morphological characteristics of the city. They are connected with the process of studying of the form and structure of the city with the help of morphology as a science. The methodological basis of the study is the philosophical-ideological, axiomatic, systemic and interdisciplinary approaches.

**Citation:** Yuliya Idak. (2019) Methodological Bases of the Study of Morphological Characteristics of the City. *World Science*. 5(45), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31052019/6509

**Copyright:** © 2019 Yuliya Idak. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Introduction.** The current state of development of the urban planning theory is characterized by intensive enrichment of new ways of solving problems associated with the formation of the material and spatial environment of the city. Special attention was paid to the study of morphological problems in the structure of urbanism. They are caused by:

- intensive accumulation of knowledge about the structural organization and formation of urban development objects under the influence of social, economic, historical and environmental factors;
- development and implementation of an integrated system of measures for sustainable urban development.

Alongside with this, there is a need to clarify and improve the existing methods and to involve new interdisciplinary knowledge for urban theory and methodological approaches for urban planning. They will help to identify new relationships between the original disciplines, expand the traditional disciplinary methodology and deepen the specialization<sup>1</sup> in urban planning.

Fundamental works that make up the theoretical basis of the research and concern such *issues as philosophy and methodology of the science* (V. Budanov, V. Kasyan, B. Nicolescu, A. and D. Novikov, G. Ruzavin, A. Tararoyev, U. Urmantsev, A. Fomin, A. Tsophnas, V. Yudin, etc.); *fundamental positions in the theory of urban development* (M. Bevez, M. Gabrel, I. Groza, A. Timochin, A. Fomin, Z. Yargina, K. Lynch, B. Cherkes, etc.); *the study of architectural and individual aspects related to their functional and planning aspects, compositional, structural and hierarchical organization of the objects in city planning* (S. Linda, O. Rybchinsky, Yu. Rochnyak, G. Curdes, K. Zitte, L. Krier, A. Rappaport, N. Shebeck, G. Osychenko, etc.); *Essential characteristics of the conceptual and categorical apparatus*

<sup>1</sup> In the general system of scientific knowledge, the deepening of specialization is considered negatively (Kolot, 2014, p. 19), however, in order to achieve the integrity and systematicity in research on urban development, this approach remains relevant.

*in urban development* (Y. Vermenih, M. Gabrel, M. Demin, A. Marder, Yu. Pelech, G. Osichenko, O. Timochin, A. Fomin, etc.); *theoretical and applied aspects of the study of the morphological characteristics of architectural and urban objects* (G. Osichenko, A. Timochin, G. Curdes (Germany), E. Raith (Austria), S. Muratori (Italy), MRG Conzen (Great Britain), G Caniggia (Italy), etc.). There is a clear need to develop new approaches for expanding and deepening knowledge about the formation of the material and spatial environment of the city despite the thorough and comprehensive study of the formation, development and functioning of urban planning.

*The aim of the study* is to formulate the basic theoretical positions and to substantiate the methodological approaches to the study of morphological characteristics of the city.

The methodological basis for the study are the philosophical and ideological [1, 2, 3], axiomatic [4], systemic [5, 6] and interdisciplinary [7] approaches. The *philosophical* approach formed the scientific position concerning the subject of the study. *Axiomatic* approach enabled to determine the main formal properties, features of the city and consistent knowledge of its morphology. *Systemic* approach played a special role as a general scientific methodological method. It has its relation to the definition system of parameters of the city (concept, structure and substrate) and logical ordering of information and forming a holistic view of the object being studied. *Interdisciplinary* approach allowed to determine the theoretical facts and applied morphology aspects in the natural and humanitarian fields of knowledge.

### **Research results.**

Morphological studies can be considered as the basic level of studying the properties of the city and its elements. They consist of identifying of formal features and their justification by the means being formulated in morphology – form (or shape) and structure. Studies of similar content are also presented in the study of compositional patterns, functional and planning organization of urban development objects etc. Nevertheless, the morphological studies contain the necessary basis for expanding the traditional disciplinary of methodology.

The study of morphological characteristics of the city is associated with the process of studying the form and structure of the city within the limits of morphology as the science [8, 9]. The study of the city form is aimed to determine the features of the material manifestations of the city and its components as an object of design and is characterized by physical integrity. Its structure is identified with the notion of structure – the internal form (structure). Structure is a plurality of parts that are in the interaction and specific order on a proper area. Three starting points are formulated to prove the aforementioned.

The morphology of the city can be regarded as such one that have an ontological and epistemological basis of philosophical comprehension of reality and is an integral part of it in the context of general theoretical discourse. The questions of ontological principles are related to the components of the morphology of the city (methods, principles and means), which serve as a tool for morphological research. Epistemological principles show the morphology of the city as a sphere of scientific knowledge. It means the doctrine of form and structure [8]. Taking this into account, the morphology of the city can solve the tasks of the methodological (for example, identifying structural organization features) and theoretical (for example, revealing the form of the city as morphological) aspects and generalizing objects (but not phenomena) according to characteristic morphological features.

The starting point for justifying the study of morphological characteristics of the city is the first assumption that the city can be considered as artificial (created by a person), closed (characterized by a high degree of independence from the environment) and a static system. Such system maintains the unchanging features and relationships with a certain moment of time with the system properties inherent to it, which can be related to the structure: integrity, additivity, structure and hierarchy.

This is so due to the fact that objects of morphological research can be objects that do not change their traits during a certain period of time and are determined without the involvement of functional, historical, compositional and other features [10].

*A. System as a general feature of the city.* The description of the morphological characteristics of the city as a static system is the basis for the formulation of theoretical positions. It is made for the purpose of further analysis and synthesis of knowledge about the structure of the city. If the morphological structure of the city is analyzed as passing from one state to another in a proper period of time – so in this case it will have signs of dynamism. The subject of the research will already be the process, not the signs (or characteristics).

A static system can turn into a dynamic only for a deeper understanding of it. Then it is considered in accordance with those historical processes that influence the formation of various types of systems and its elements. The static system becomes a developing system at this stage of research.

The city is studied as a relatively independent system not only due to the presence of properties, but also its own characteristics: structural, functional, morphological, compositional, and others in the system approach. So, the property is the internal content of the system, which is externally manifested in the form of an appropriate sign – the external manifestation of the properties of the system [11].

If several cities are characterized by the presence of all the properties at the same time (having difference only by the degree of their detection), then a set of features, in each individual case, is individual. This causes the difference or similarity of the cities between them.

Hence we have the second assumption. The city has a material structure - a plurality of parts or forms. They are in interaction and specific order and exhibit properties that are supplemented by essential formal features.

The material structure is part of the substantive level of the city-planning system and consists of two interrelated phenomena – "territory" and "structures" [12, p.12]. The allocation of material structure is concerned as the subject area of the object of knowledge. It is defined as part of the territory of a city that does not possess the properties of dynamic and open systems.

The term "material structure of the city" is associated with the purpose of expanding knowledge of the city as a shape of territorial organization. It is described by the notion of "structure" and specified by the expression of one of the phenomena of identifying the essence of things in relation to other things: the planning structure, compositional structure, functional structure etc.

Morphology studies integral material objects which inherent divisibility on a structural basis. Determination of the material structure of the city for the study of morphological characteristics is stemmed from this fact. Separation, as a property, means the division into separate isolated and simultaneously interconnected elements that form a certain unity on the structural and functional levels.

*B. Properties of the material structure of the city.* In the study, the city is described as a well-planned and built-up area with well-defined boundaries, with a common planning structure, a spatial manifestation, an engineering and transport infrastructure, and a complex of construction objects [13].

The presence of the previously mentioned properties allows us to consider the city taking into account the system approach as a holistic entity, conditioned by orderliness and organization. Structure is the main feature of the organization of the city. The theory of urban planning does not have a clear definition of the concept of city structure. Therefore, in the study, it corresponds to the definition of the structure as a general-purpose and scientific concept. As a rule, it means "internal structure".

The structure of the system is one of the main categories of system analysis, which characterizes the stable ordering of system elements and their relationships in space and time [15]. The notion of structure is quite close to the concept of form in system studies, but they are not identical [11, p. 36].

The structure is realized on the substrate [5, p. 55]. A sequential decomposition is necessary for its determination. It means that a subsystem of all levels that are available for analysis should be selected in it. According to the research tasks, their elements are not divided into constituent parts. [16, p. 75].

In the structure (composition) of the city as a system one can distinguish qualitatively different from each other components: element → component → subsystem. They are relatively constant, determined by subordination, differentiation and individuality in relation to each other. The discovery of the structure, the internal structure and connections between the constituent parts of the city, takes place by decomposition and dismemberment on the basis of planning.

The presence of the previous mentioned components is a reflection of the special property of the material structure in the city – discreteness (divisibility) (fig. 1). This feature means that the material structure of the city (at different levels of its organization) consists of separate but interdependent and interacting parts that form structural and functional unity: *city* → *fragment (due to the planning framework)* → *district* → *land*.

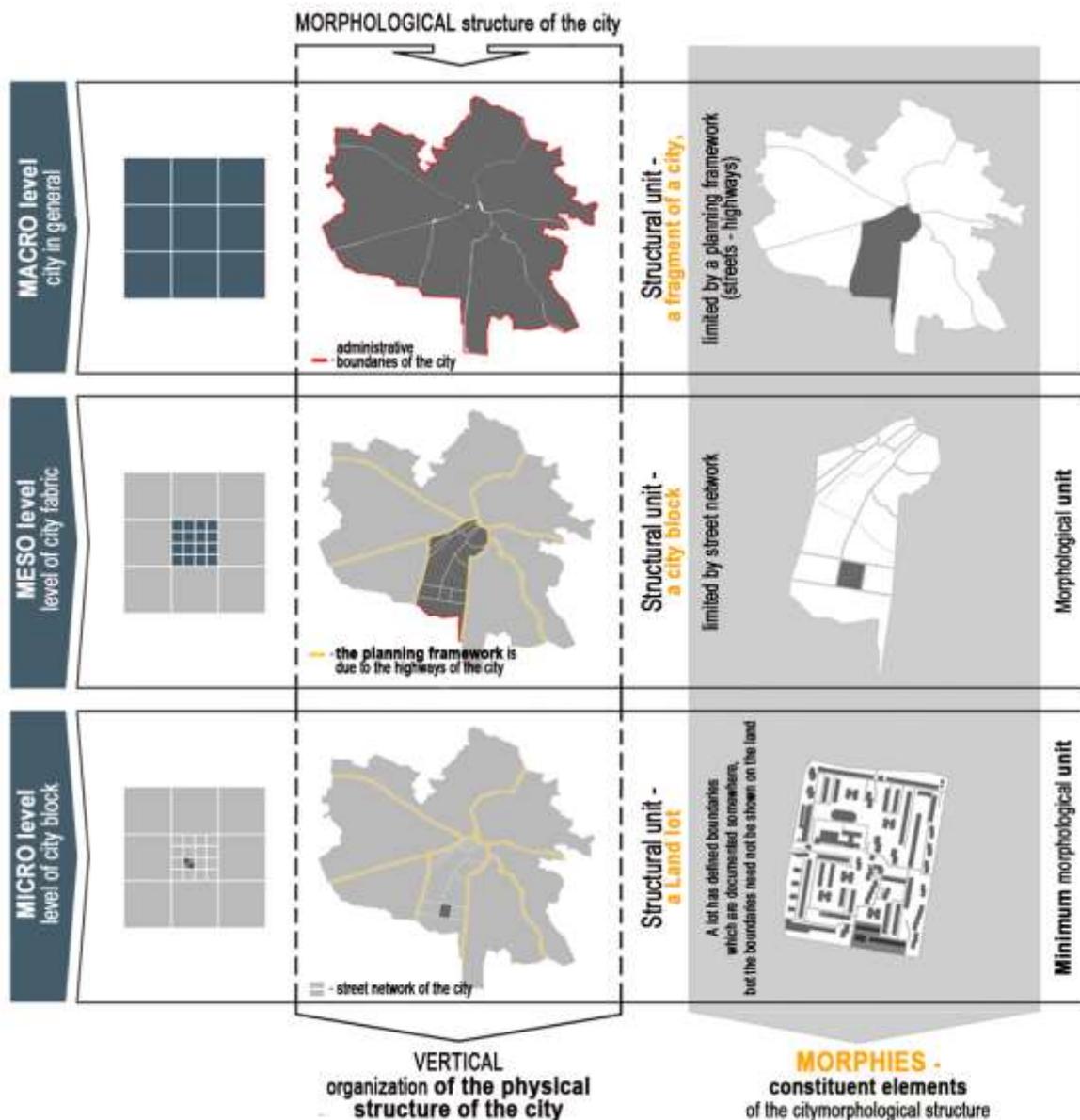


Fig. 1. The features of the physical structure of the city

The material structure of the city is characterized by different levels of organization. There is a complex subordination of its structures. The main structural levels should include: macro-, meso- and micro-levels. The basic element of all levels is urban canvas. The urban fabric is characterized by the physical structure of the city. It reflects the objective reality through the prism of the subjective world, serving as its fixation.

Macro level covers the territory of the city in general. It unites adjacent fragments in a group, which collectively appear as a physical essence, that is, urban canvas. The city at the macro level can possess all the features that are inherent in system objects.

The boundary between the object (the figure) and the surrounding environment (background) is located at the macro level. The most informative feature of the physical structure of the city at this level is the location, size and contour that coincide with the administrative boundaries.

The meso level is a fragment of the city's territory, which has all the features that are inherent in subsystems. At this level, urban canvas has a high degree of structural organization, forming various types of morphological features.

Micro level is the level of the district of the city. The district is the structural unit of the city, as well as the unit of its development.

The individuality of the constituent parts of the city at different levels of its organization is determined by the following properties: compositional (harmonious and regular organization of constituent elements), geometricity (spatial arrangement (architectonics), typology (commonality of signs), morphology, functionality (designation of territory), interconnection of the main functional zones and systems of connections between them (planning)<sup>1</sup>. They make it possible to consider the structure of the city not only as a certainly organized territory, but also for construction material (the physical structure of the city), which has distinctive features.

All these properties are complementary and interconnected. So, morphological can complementary composites (definition of the morphological structure is a necessary condition for determining compositional) and functional, and composite - interrelated with the planning, etc. The morphological characteristics of the material structure of the city should be taken into account while studying. They are directly related to them: planning and hierarchical (fig. 2).

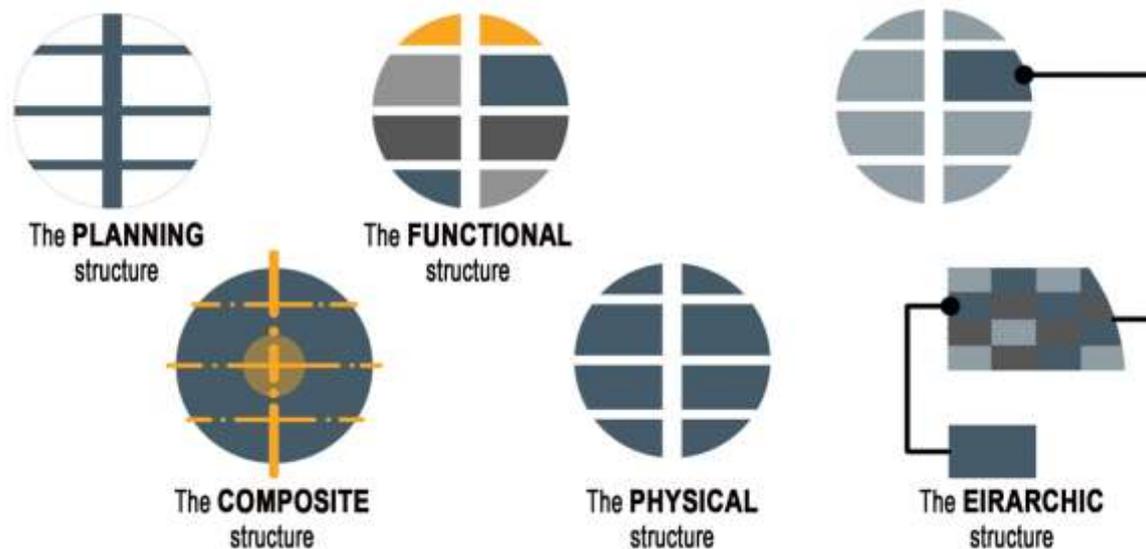


Fig. 2. The properties of the physical structure of the city

The study of compositional characteristics is due to the definition of methods of organization and patterns of development of the material structure of the city. In other words, a well-organized form (in the context of this study is correlated with the material structure) is a way of placing and combining elements and parts of the composition into a holistic formal structure. Planning characteristics determine the mutual arrangement of the main functional zones and communication systems between them. In a nutshell, it is the basis of the city, which defines the transport scheme, the appearance of the city and reflected in its masterplan. Hierarchical characteristics determine the differentiation of the material structure of the city, which arises in the process of territorial development and consolidation of the territory of the building.

Here we have the third assumption about morphology of the material structure of the city. It is a set of morphological features. They were formed in the process of historical development and under the influence of geographical, natural and social factors.

Taking into account that it is complementary compositional properties, it is directly interconnected with functional-planning and hierarchical characteristics.

*C. Informativeness of the material structure of the city.* The material structure of a city can contain information on many aspects related to its operation and development. The main of them include semantic, compositional, morphological, functional and historical aspects.

The semantic aspect is related to the general outlines of the material structure of the city and the content they express. In most cases, semantics are observed at the city level in general and in the district as the smallest structural unit. This is due to the purposeful expression of the idea. The city is regarded as a certain world. It is possible to distinguish different parts in its integrity. There we can

<sup>1</sup> The structure of the city as well as matter in philosophy has many properties. Taking into account the object and subject of the study, only those studied within the boundaries of morphology in the natural sciences are taken into account.

distinguish simply not only objects, but semantic units, where the real space of human existence is formed [17]. Symbolic content of the city at the micro level is connected with the configuration of buildings in the district. It is aimed to ease the perception of the architectural form and recognition of its figurative content.

The semantic approach always existed in the formation of the material structure of the city. A striking example of this approach is the development of the theory and practice of "ideal cities" in the context of modern Europe and the usage of the right geometric forms when designing the cities of the Ancient World.

The compositional aspect is reflected in the interconnection of various composite elements, in the ratio of architectural and urban objects of varying size and their rhythmic alternation etc.

The historical aspect is connected with the discovery in the material structure of the city of the various features of the city, which are distinguished by morphological features and are historically predetermined.

The diversity of the material structure of the city in many respects also depends on the functional aspect. The functional aspect, like historical, is associated with the discovery in the material structure of the city layers of undeveloped territories.

**Conclusions.** The study determines the initial positions and assumptions that serve as the basis for formulating the scientific concept of studying the morphological characteristics of the material structure of the city within the meaningful limits of the "morphology". The starting point for justification is the first assumption. It states that the city is artificial (created by a person), closed (characterized by a high degree of independence from the environment) and a static system that fixes immutable morphological signs (and relationships) at a certain point in time. The second assumption is that the city has a material structure. It consists of a certain number of constituent parts which are interconnected. There can be revealed properties that are supplemented by essential features. The third assumption is about the morphology of the material structure (filling) of the city, which, besides being complementary to the compositional properties. It is directly interconnected with the functional, planning and hierarchical characteristics. Functional and planning characteristics specify the decomposition of the material structure of the city. Hierarchical ones are related to the complexity of its structural organization. We need them for a clear and simple description, which is also an important feature in the study of morphology.

## REFERENCES

1. Kasyan, V (2008). *Philosophy*, 347 p.
2. Ruzavin, G (2017). *Methodology of scientific knowledge [Metodolohyya nauchnoho poznannya]*, 287 p. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://znanium.com/catalog/product/1028791>. Last signon: 09.05.2019.
3. Ruzavin, G (2017). *Philosophy of science [Fylosofyya nauky]*, 400 p. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://znanium.com/catalog/product/1028837>. Last signon: 09.05.2019
4. Gilbert, D (1948). *Fundamentals of geometry [Osnovanyya heometry]*, 492 p. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://bookshare.net/index.php?id1=4&category=physics&author=gilbert-d&book=19481>. Last signon: 09.05.2019
5. Tsophnas, AY (1999). *Teoryya system y teoryya poznannya [Systems theory and theory of cognition], monograph, 308 p.* [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://www.philosof.onu.edu.ua/elb/tsofnas/22.pdf>. Last signon: 09.05.2019
6. Yudin, EG (1974). *Sistemnyy podhod y printsip deyatelnosti [System approach and principle of activity]*. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://www.pseudology.org/science/SystemPodxod.htm>. Last signon: 09.05.2019
7. Nicolescu, B *The Transdisciplinary evolution of the university condition for sustainable development* [Electronic resource]. – URL: <http://ciret-transdisciplinarity.org/bulletin/b12c8.php>. Last signon: 09.05.2019
8. Idak, YV (2019). *Pidhody do vyznachennya ponyat "morfolohiya" ta "morfolohiya mista" v konteksti teorii mistobuduvannya* " [Approaches to the definition of the concepts "morphology" and "morphology of the city" in the context of the theory of urban planning "], *Urban planning and territorial planning [Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya]*, 69, Kyiv, p. 153-159. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/02/2019/201969.pdf>. Last signon: 09.05.2019
9. Habrel, M (2018). *Morphology and comfortable environment of the city. Indicators and Methods for Interaction Evaluation [Morfolohiya ta komfortnist seredovyscha mist. Pokaznyky y metody otsinky vzyayemodiy]*, *Urban Planning and Territorial Planning [Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya]*, 68, Kyiv, p. 78-91. – Mode of Access: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP\\_2018\\_68\\_14/](http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2018_68_14/). Last signon: 09.05.2019
10. Baburov, AV (1991). *To the morphology of urban space* [O morfolohyy horodskoho prostranstva], *Architecture and Urban Planning [Arhytektura y hradostroytelstvo]*, No. 2-3, p. 44-46.

11. Dudnyk, IM (2010). *Introduction to the general theory of systems [Vstup do zahalnoyi teorii system]* [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://www.dut.edu.ua/ru/uploads/1\\_1142\\_42884991.pdf](http://www.dut.edu.ua/ru/uploads/1_1142_42884991.pdf). Mode of Access: 09.05.2019
12. Dyomin MM, Synhayivska, OI (2014). *Mistobudivnyy kadastr. Strukturuvannya i klasyfikatsiya yavysch ta obyektiv mistobuduvannya* [Town Planning Cadastre. Structuring and classification of phenomena and objects of city-planning]. Experience and prospects of development of Ukrainian cities. Problems of reconstruction in the theory and practice of urban planning: a collection of scientific works, Kyiv, DP UDNIIPM «DIPROMISTO»; named after Y.M. Belokon, issue 27, pp. 12-24. [in Ukrainian].
13. Zakon Ukrainy “*Pro rehuliuвання mistobudivnoi diialnosti*» [The Law of Ukraine “On regulation of urban development”]. [Electronic resource]. – Mode of Access: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3038-17> [in Ukrainian]. Last signon: 09.05.2019
14. “*Structure*”, Oxford English Dictionary (Online ed.). Retrieved 1 October 2015.
15. Kustovska, OV (2005). *Methodology of system approach and scientific research* [Metodolohiya systemnoho pidhodu ta naukovykh doslidzhen], 124 p.
16. Vazhynskyy, SE, Shcherbakov, TJ (2016) *Methods and organization of research* [Metodyka ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen], 260 p.
17. Miklin, M. (2015) *The city as a machine strukturoutvoryvalna characters in phenomenological perspective* [Misto yak strukturoutvoryvalna mashyna znakiv u fenomenolohichniy perspektyvi], [Electronic resource]. – Mode of Access: <https://www.sworld.com.ua/konfer38/323.pdf> Last signon: 09.05.2019

# ДОСВІД ВИСОТНОГО БУДІВНИЦТВА В СТРУКТУРІ НАЙКРУПНІШИХ МІСТ В УМОВАХ УРБАНИЗАЦІЇ

**Ладигіна Ірина Володимирівна,**

кандидат архітектури, доцент кафедри Архітектурного проектування,  
[orcid.org/0000-0001-8370-5783](https://orcid.org/0000-0001-8370-5783);

**Біжко Євгенія Василівна,**

асистент кафедри Архітектурного проектування,  
[orcid.org/0000-0001-5197-6490](https://orcid.org/0000-0001-5197-6490);

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/31052019/6510](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6510)

## ARTICLE INFO

**Received:** 16 March 2019

**Accepted:** 14 May 2019

**Published:** 31 May 2019

## KEYWORDS

urbanization, agglomeration processes, high-rise building, skyscraper, city structure.

## ABSTRACT

Features of formation of high-rise building in the structure of the largest cities in the conditions of urbanization are considered. There are three main types of high-rise objects that were formed at the time of the transition to a post-industrial society: a single high-rise dominant building (complex), a local high-altitude group - a multifunctional complex and a mass of high-rise buildings demonstrating chaos and high density. The specificity of high-rise building of domestic cities in the context of the inclusion of our state into a single European space is determined.

**Citation:** Ладигіна І. В., Біжко Є. В. (2019) Dosvid Vysotnoho Budivnytstva v Strukturi Naikrupnishykh Mist v Umovakh Urbanyzatsii. *World Science*. 5(45), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31052019/6510

**Copyright:** © 2019 Ладигіна І. В., Біжко Є. В. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Вступ.** Урбанізація (від лат. *urbanus* – міський, *urbs* – місто), за визначенням Ю. Л. Пивоварова, – історичний процес підвищення ролі міст, міського образу життя й міської культури в розвитку суспільства в порівняльно небагатих центрах і ареалах переважного соціально-економічного розвитку [1]; невід’ємна складова процесу розселення, його найважливіша підсистема, найвищий еволюційно-ієрархічний рівень, складна, розподілена у часі динамічна система, що, в свою чергу, включає ряд ієрархічних рівнів (хронологічних етапів) [2].

Перший (локальний) етап охоплює промислово розвинуті держави Західної Європи та Північної Америки з кінця XVIII-го до початку XX-го століття й характеризується зростанням долі міського населення у світі з 5,1% до 13,6%.

Другий (планетарний) – в межах 1900 – 1950 років характеризується розвитком, в основному, великих міст з населенням 100 тисяч осіб і більше.

Третій (глобальний) етап розпочинається з другої половини XX століття, пов’язаний з науково-технічною революцією, новим якісним рівнем не тільки промислового виробництва, а й розвитком багаточисельних невиробничих галузей та сферою послуг. Характеризується переважним розвитком найкрупніших міст (з населенням 500 – 1000 тисяч осіб і більше) й формуванням на їх основі надміських форм розселення – агломерацій та мегалополісів [3].

Поступове поглиблення процесу урбанізації з його концентрацією населення й економічної діяльності створило сприятливі умови для розвитку науки, техніки і промисловості, обумовило взаємозв’язки індустріалізації та урбанізації і вже на перших етапах спричинило кардинальні зміни в характері міської забудови.

«Індустріальне» місто втратило свою середньовікову цілісність, чисельне та територіальне зростання викликало його структурізацію з включенням приміської зони та послідуочим формуванням міських агломерацій як нових форм розселення.

Саме завдяки цим змінам містобудування звертається до системного підходу як інструментарію дослідження надміських утворень, а місто починає розглядатися як складна відкрита, динамічна, ієрархічно організована система.

Одним з результатів науково-технічного прогресу стає висотна забудова. Поява нових типів конструктиву, інженерного обладнання, будівельних матеріалів обумовлює виникнення такого феномену сучасного міста як «хмарочос».

Звісно висотні будівлі існували ще у доіндустріальний період, а саме поняття «висотності» визначалось згідно до досить мінливих конкретних умов. У світі досі не сформувалося єдиного визначення того, що являє собою «висотний будинок». Вважається, що це поняття є суб'єктивним і його присвоєння тій чи іншій споруді залежить від оточуючого міського контексту, її пропорційності та будівельно-інженерних технологій, які були застосовані при зведенні багатоповерхівки. Міжнародна практика показує, що виходячи з технічних, економічних можливостей, умов охорони природи і здоров'я людей в різний час, в різних країнах поняття "висотна будівля" має різне значення [4]. В Україні ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків» п.1.1 визначає умовну висоту таких об'єктів від 73,5 метрів до 100 метрів включно. Проектування громадських будівель із умовною висотою більше 100 метрів дозволяється виконувати як експериментальне згідно з індивідуальними технічними вимогами, які затверджує Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України [5]. Найближчим часом крайня відмітка для громадських будівель буде підвищена вже до 150 м.

Сьогодні в світі існує велика кількість «хмарочосів», що перевищує кілька сотень метрів, а провідні держави змагаються за створення самої високої будівлі.

При цьому висотні об'єкти майже завжди виконують роль доміанти в навколишньому середовищі, створюючи неповторний силует міста [6] та демонструють домінуючі смисли часу. Так дослідники Масловська О.І. та Ігнатов Г.Є. стверджують, що провідні елементи в просторовій організації міста виражають його основний ідейно-художній зміст, концепцію просторової культури відповідних цивілізацій: Собор Святого Петра – католицького світу, Парфенон – грецького мікрокосму. Скупчення хмарочосних будівель в даунтауні – характерна риса сучасного міста періоду корпоративного капіталізму [7, с. 132].

Ще до кардинальних змін в структурі поселень, що виникли в результаті становлення та розвитку агломераційних процесів, компактні міста доіндустріального періоду переважно ототожнювалися з їх забудовою в межах стін фортеці, а сама забудова являла собою комплекс доміант, що міг розглядатися як ансамбль. Згодом ускладнення планувальної організації міста призвело до того, що характер ансамблю залишився надбанням історичного ядра центральної частини при його збереженні, а весь населений пункт постав перед проблемою створення нового архітектурного обліку в умовах розосередженої забудови, особливо на периферії, в якому, безумовно, важлива роль має належати висотній забудові, як похідному сучасного етапу процесу урбанізації.

В таких умовах здається досить актуальним виявлення ролі та місця висотної забудови в структурі найкрупніших поселень.

**Мету дослідження**, таким чином, становить містобудівний аналіз типологічних особливостей висотної забудови, що зумовлюють характер її взаємодії з навколишнім міським середовищем.

**Основні завдання** полягають у дослідженні особливостей формування висотної забудови найкрупніших міст світу, в тому числі українських.

**Результати дослідження.** В хронологічному відношенні різні держави світу стикаються з викликами процесу урбанізації у різні часи відповідно до свого соціально-економічного розвитку та включення в історичні глобальні процеси. Якщо США та провідні країни Європи сьогодні вирішують проблеми формування глобальних міст в умовах постіндустріального суспільства, то найрозвиненіші держави Африки тільки опановують агломераційні процеси, що досить активно охоплюють найкрупніші міста континенту.

Регіональні особливості, що віддзеркалюють окремі часові зрізи формування висотної забудови в контексті сучасного етапу процесу урбанізації як ієрархічного рівня єдиної системи розселення, допомагають проаналізувати та виявити три основні типи висотної забудови, що склалися сьогодні у світі.

**Тип 1** – одиночна висотна будівля-домінанта (може бути багатофункціональний комплекс) з великим композиційним полем та мінімальними системоутворючими якостями.

Прикладом багатофункціонального комплексу першого типу сулугує Флейм Тауерс у м. Баку. Ансамбль складається з трьох висотних башт, які спроектовані у формі язиків полум'я. У момент, коли його тільки збудували у 2013 році, цей ансамбль був найвищим у столиці Азербайджану та височів над всією Бакинською бухтою.

Яскравим взірцем цього типу одиночної висотної будівлі можна вважати відомий тайбейський хмарочос міжнародного фінансового центру або Тайпей 101. Ця багатофункціональна споруда була першою багатоповерхівкою, яка пододала рубіж в півкілометра та мала статус найвищої в світі з 2004 до 2010 року. Вона вважається визначною пам'яткою столиці Тайваню і символом економічного зростання, міжнародного престижу і високого економічного розвитку маленької країни, яка зуміла звести цей гігант в сейсмічно активному районі з піщаними ґрунтами та частими вітрами і тайфунами [8, с. 130]. Вежу неймовірної висоти добре видно з будь-якої точки міського плану. Вона формує міцні візуальні та функціональні зв'язки у відкритому міському просторі. Такими ж властивостями володіє 85-ти поверховий Тантекс Скай Тауер, який здіймається над міським ландшафтом і прибережною територією Гаосюна, Тайвань. Хмарочос візуально притягує інші споруди, стає центром тяжіння у структурі міста. Ці азіатські висотки розташовані у високосейсмічному районі. Їх оточення складається переважно з малоповерхових будівель. Тому хмарочоси тут будуються досить рідко та вони зберігають статус найвищих будівель регіону надовго (рис. 1).



Рис. 1. Тип 1, одиночна висотна будівля в структурі міста: Тайпей 101 у м. Тайбей та Тантекс Скай Тауер у м. Гаосюн, Тайвань

До першого оглядаємого типу ще до недавню можна було віднести лондонський хмарочос Шард Лондон Брайдж італійського архітектора Ренцо Піано, побудований у 2012 році (рис. 2). Найвища споруда Євросоюзу розташовується на південному березі Темзи досить близько до основних історичних пам'яток центру. Це район Лондонського мосту, що з'єднує місто з передмістям Саутверк. Звідси походить перша офіційна назва висотки, що перекладається з англійської як «Вежа Лондонського мосту». Хмарочос впроваджений в великий транспортний вузол Лондон Брайдж: нижні рівні будівлі пов'язані з залізничним вокзалом, автовокзалом і станцією метро. Фактично поїзди далекого прямування привозять пасажирів в прибудову, що виходить прямо до підніжжя вежі. А частина вокзальної інфраструктури з магазинчиками просто вбудована в нижні рівні висотки. «Шард» має 72 поверхи та 110 тисяч метрів загальної площі, містить офіси, готель «Шангри Ла» з ресторанами, дуже дорогі приватні квартири та оглядовий майданчик на даху [9].

Протягом наступного десятиліття горизонт Лондона буде змінений. 510 будівель вище 20 поверхів заплановані та деякі з них вже будуються [10]. У діловому районі Сіті зводяться хмарочоси майже наздоганяючи Шард Лондон Брайдж за висотою: офісна будівля 22 Бішопсгейт буде височити на 278 м та на 309,6 м здійметься Уан Андершафт. На сході міста у кварталі Кенері-Ворф з'являться найвищі житлові комплекси Англії: 233-метрова вежа Лендмарк і 235-метровий Лондонський Шпиль.

Зараз у Лондоні формуються три великі вузли уздовж ріки Темзи, які перекроюють його історичну структуру та зафіксують нові вертикальні надбання на сучасному скайлайні. Таким чином, у місті наочно відбувається перехід від першого типу розташування міських домінант, коли «Шард» одиночно поставав над столицею Великої Британії до другого, коли групи башт розосереджуються по місту.



*Рис. 2. Тип 2, локальні групи висотних об'єктів у сучасному Лондоні, Англія*

**Тип 2** – локальна група висотних об'єктів – багатофункціональний комплекс, що формує ансамбль або містобудівний вузол у структурі міста.

При великому композиційному полі володіє значними системоутворючими якостями. Такі локальні групи в структурі міста можуть утворювати єдину підсистему з різним призначенням – підсистему загальноміського центру, підсистему вузлів каркасу, висотну силуетну композицію тощо.

Так, у 1950 роки на підступах до історичного ядра Москви було створено кільце висотних об'єктів, що сформувало висотний силует столиці, закріпив основні осі візуального сприйняття центра міста.

Поштовхом для цього послужила прийнята 13 січня 1949 року, за ініціативою І. В. Сталіна, Постанова Ради міністрів СРСР «Про будівництво в Москві багатоповерхових будівель». Згідно з цією Постановою передбачалось зведення восьми висотних будівель різного функціонального призначення (побудовано сім). Авторам проектів вдалося винайти оригінальні архітектурні рішення, які в професійній літературі отримали назву сталінського ампіру, або радянського монументального класицизму. Самі будівлі закріпилися в літературі як «сталінські висотки» [11].

На початку нового тисячоліття у Києві та Москві були спроби впровадження містобудівних концепцій розміщення висотних будинків. За цими програмами повинні були створюватися багатоповерхові нові центри громадського тяготіння, які б ставали акцентами у структурі районів та створювали єдину міську підсистему комплексів з різноманітними функціями. Їх пропонували розміщувати на перетині основних радіальних і вузлових транспортних магістралей, біля станцій метро у районах масової забудови. Ці правила були направлені на створення чіткої архітектурно-містобудівної й об'ємно-просторової композиції забудови міста шляхом формування багатоплановості, силуету і висотності забудови, візуальних завершень магістралей, проспектів, вулиць та основних панорам міста [12 с. 134-135, 13].

Як окремий випадок створення підсистеми загальноміського центру може розглядатися ускладнення історичного ядра міста, коли висотна локальна група вбудовується на деякій відстані від нього, формуючи нову композиційно єдину з ним структуру за рахунок привнесення нової функції (наприклад, ділової) як це спостерігається в Парижі при будівництві району Дефанс (рис. 3).



*Рис. 3. Тип 2, локальна група висотних об'єктів як підсистема загальноміського центру – Діловий район Дефанс у Парижі, Франція*

Цей район розташований на західній околиці Парижа. Він завершує забудову знаменитої історичної осі-вулиці, на яку нанизано відомі пам'ятники, будівлі та площі. Проект забудови Дефанса як паралельного центру міста був задуманий в кінці 1950 року архітекторами П. Ербе, Б. Зерфюссом, Р. Камело, Ж.Ж. де Майї і Р. Озель, але реалізований тільки 1970-1980 рр. на території близько 330 га [14, с.21]. Зараз тут розміщуються біля 20-ти будівель заввишки понад 150 м. Концентрація висотної офісної забудови на околиці міста позбавила історичну центральну забудову Парижа від неминучої реконструкції.

Аналогічним прикладом може слугувати Московський міжнародний діловий центр «Москва-Сіті». Початковий проект ділового району був спроектований у 90-х роках у майстерні Б. І. Тхора в Моспроекті-2. Під час робіт на окремих ділянках Сіті ясніше окреслювалися реальні міські потреби та у 2000-х роках стало зрозуміло, що проект не тільки послідовно втілює ідею нового висотного ділового кластера столиці, а й вибудовує систему нових візуальних зв'язків простору всього міста [12, с. 133-134].

Локальна група висотних об'єктів може носити компактний або розосереджений характер. Компактна структура більше притаманна містобудівним вузлам. Розосереджена застосовується при забудові лінійних елементів каркасу міста – вулиць, бульварів, набережних тощо та створює панорамний силует міста, що спізнається глядачем.

**Тип 3** – маса висотної забудови, що може бути сконцентрована в центрі міста або охоплювати прилеглі до нього території, здатна нівелювати або повністю поглинати природний ландшафт, відрізняється хаотичністю, великою щільністю, екологічним навантаженням на навколишнє середовище, віддзеркалює прагнення транснаціональних компаній, що сконцентрували великі капітали, закріпити свій імідж та лідерство у глобальному світі (рис. 4).

Так, формування висотної забудови Манхеттена почалося в 1890 році з возведення хмарочоса Нью-Йорк-Уорлд-Білдінг висотою 106 метрів, що проіснував до 1955 року, коли його було знесено для забезпечення будівництва розширеного підходу до Бруклінського мосту.

Взагалі Нью-Йорк зіграв видатну роль в розвитку висотного будівництва, починаючи з кінця XIX століття, та переживши його досить ранній бум з 1910-х років до початку 1930-х років, в ході якого було зведено шістнадцять із восьмидесяти двох хмарочосів, серед яких Вулворт-Білдінг, Трамп-Білдінг, Крайслер-Білдінг та Емпайр-Стейт-Білдінг, кожен з яких на момент будівництва був найвисочайшим у світі. Останній держав цей титул сорок років.

Другий етап «висотного буму» прийшовся на 1960-ті роки. З того моменту було возведено близько семидесяти будівель висотою більше 183 метрів. В результаті цих «хвиль» висотного будівництва Манхеттен перетворився на центр ділової активності глобального міста. Сьогодні це найпрестижніший та найдорожчий за рівнем життя район Нью-Йорку, що в певній мірі обумовило високу щільність освоєння його території [15].



*Рис. 4. Тип 3, маса висотної хаотичної забудови, яка сконцентрована у центрі Нью-Йорку, острів Манхеттен, США*

На Манхеттені візуально можна виділити дві групи скупчення хмарочосів. Перший кластер будівель знаходиться у Даунтауні, на Півдні острова, інше нагромадження висоток розташовується у Мідтауні, біля Центрального парку. Ці гігантські монолітно-скляні утворення все більш наближуються один до одного та згуртовуються. Так в останні роки з метою розширення ділового району Мідтаун до річки Гудзон, комунально-складські території Хадсон Ярдс зазнали великомасштабного перепланування. У січні 2005 року міська рада Нью-Йорка змінила призначення району з промислового на комерційне та громадсько-житлове. У рамках першої фази будівництва тут зводять вісім об'єктів висотою понад 200 м, а також торговий і культурний центр, громадську площу, оглядовий майданчик та сквери. Безумовно нові хмарочоси Хадсон-Ярдс радикально змінять пейзаж найкрупнішого міста США та створюватимуть ще більш щільне середовище.

Таким чином для містобудівної структури Нью-Йорка в певні проміжки часу були присутні всі три типи забудови багатоповерхівками: від одиночного хмарочосу до щільної маси висотних домівок.

В архітектурному середовищі вважається, що з штучних структур немає нічого більш стабільного, ніж міський каркас [16], але у сучасному світі найбільші міста зазнають значних модифікацій. Висотні будівлі, як складові елементи динамічної системи міста, починають змінювати каркаси найвеличезніших поселень. У певні проміжки часу у різних крупних населених пунктах планети спостерігаються три послідовні стани просторової структури. Три типи висотної забудови носять глобальний (універсальний) характер, тобто не залежать від зон концентрації світових міст та регіональних особливостей розвитку окремих країн. На прикладі зростання хмарочосів добре спостерігати, як відбувається метаморфози старого та розвиток нового середовища у густозаселених точках Землі, за якими приховані складні сучасні цивілізаційні (культурні, економічні, політичні, екологічні та інші) процеси.

В Україні формування висотної забудови в структурі найзначніших міст безпосередньо пов'язано з основними етапами становлення держави.

Історичний (капіталістичний) етап, якщо не рахувати знакових культових споруд, не встиг залишити помітної висотної спадщини українським містам оскільки був перерваний революцією 1917 року.

В радянський період Україна проєцирує основні загальнодержавні тенденції на національне підґрунтя, надаючи їм неповторного архітектурно-містобудівного обліку.

Так, ще у 1925 – 1928 роках у місті Харкові як столиці України виникає унікальний адміністративно-діловий центр – площа Дзержинського (нині площа Свободи) з Домом Державної промисловості – першим радянським «хмарочосом» висотою 108 метрів, що за допомогою вулиці Сумської поєднується з Університетською гіркою (нині площею Конституції) та завершує формування двох ядерного історичного центра міста [17].

У Києві в 1953 році почалися проєктні роботи над висотним готелем «Москва» (з 2001 року – готель «Україна») по вулиці Інститутській, 4. Авторський колектив проєктувальників очолив головний архітектор Києва А. Добровольський. Будівництво готелю розпочалося в 1954 році в рамках післявоєнної реконструкції Хрещатика, а офіційне відкриття відбулося 28 вересня 1961 року. Це була найвища 16-ти поверхова будівля Києва і друга (після Держпрому у Харкові) на території України.

На сучасному етапі розвитку незалежної української держави спостерігається активізація висотного будівництва в її найкрупніших містах. Цьому сприяє розвиток будівельної індустрії, поява новітніх технологій та матеріалів, становлення національної законодавчої та нормативної бази, а також прагнення влади сформувати самобутній імідж країни. У той же час висотне будівництво часто ведеться вибірково, за типом 1, особливо в центральних зонах, без детальних планів території, що не тільки не сприяє створенню нової силуетної композиції, а й порушує масштаб міського середовища.

У вузлах каркасу розміщуються локальні групи висотних об'єктів 2-го типу, переважно з житловою функцією, в ряді випадків на вільних територіях, що залишилися від радянського періоду екстенсивного розвитку міст і в силу своєї елітарності не утворюють з існуючою забудовою органічної єдності.

Висотна забудова 3-го типу в країні ще не спостерігається.

Тобто, значення висотної забудови в структурі найкрупніших міст ще потребує подальшого осмислення з метою використання як важливого системоформуючого елемента. Вже зараз можна констатувати, що найбільш системоутворюючими властивостями володіє другий тип просторової структури, сформований локальними групами висотних будівель. До найважливіших властивостей такої системи можна віднести: цілісність та стійкість, чітку структуру, ієрархічність компонентів, функціональність та узгоджену взаємодію елементів, керованість, передбачуваність взаємодії із зовнішнім середовищем. Усі ці якості дозволять отримати найбільш організоване та стале середовище майбутнього українського міста. За допомогою упорядкованого вкраплення багатофункціональних висотних комплексів у застаріваючу тканину поселень можливо вирішити ряд важливих питань: відновити, зміцнити діяльність територій та створити неповторні обриси силуетів сучасних густонаселених просторів країни.

#### **Висновки.**

1. Виникнення висотної забудови в структурі найкрупніших міст, в тому числі українських, – об'єктивний процес, що відбувається в умовах урбанізації та віддзеркалює рівень науково-технічного прогресу.

2. Виділяється три основних містобудівних типи висотної забудови, що склалися в структурі найкрупніших міст.

1-й тип – одиночна висотна будівля-домінанта;

2-й тип – локальна група висотних об'єктів – багатофункціональний комплекс;

3-й тип – маса висотної забудови.

У всіх випадках висотна забудова формує силует міста, виступаючи в ролі архітектурних доміант.

Виявлені типи висотної забудови спостерігаються у найкрупніших містах світу, не залежать від регіональних особливостей, тобто носять глобальний (універсальний) характер.

3. В Україні перші висотні будівлі з'являються за радянських часів і на цьому етапі досить органічно включаються в міське середовище в ролі важливих структурних та композиційних елементів.

4. Сучасний етап урбанізації в Україні характеризується активним формуванням висотної забудови в структурі найкрупніших міст, що стимулює її використання в ролі важливого системоутворюючого елемента.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пивоваров Ю. Л. Основы геоурбанистики. Урбанизация и городские системы. – М.: Владос, 1999. – 231 с.
2. Болдачев А. В. Новации. Суждения в русле эволюционной парадигмы. Спб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. – 256 с.
3. Демиленко Е. С. Урбанізація. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megabook.ru/article/Урбанізація>
4. Кравцов В. Высотные здания. Особенности проектирования, строительства и мониторинг фундаментов – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ais.by/story/5540>
5. ДБН В.2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків»
6. Баранов Н. Н. Силуэт города. – Л.: С., 1980. – 183 с.
7. Масловская О. В. Концепция вертикальности в дизайне среды [Текст]: монография / О. В. Масловская, Г. Е. Игнатов; М-во образования и науки Российской Федерации, Владивостокский гос. ун-т экономики и сервиса. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2012. – 209с.
8. Терранова А. Удивительные небоскребы мира / пер. с англ. Т.Г. Лисициной. – М.: АСТ: Астрель, 216 с.
9. Небоскрёб «Шард» в Лондоне (The Shard, «Осколок стекла»). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://delovoy-kvartal.ru/neboskreb-shard-v-londone-the-shard-oskolok-stekla/>
10. High times: 76 tall buildings to join London's skyline in 2019 – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/business/2019/mar/05/tall-buildings-london-skyline-2019>
11. Рябушин А. В., Шишкина И. В. Советская архитектура. – М.: С., 1984. – 215 с.
12. Россия высокая. История высотного строительства России. / коллектив авторов. Екатеринбург.: Tatlin, 2014. – 180 с.
13. Ключко В. М. Містобудівні проблеми висотного будівництва в м Києві / В. М. Ключко // Містобудування та територіальне планування. – 2012. – Вип. 43. – С. 179-188.
14. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования. М.: Издательство АСВ, 2006. 160 с.
15. Список самых высоких зданий Нью-Йорка – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_самых\\_высоких\\_зданий\\_Нью-Йорка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_самых_высоких_зданий_Нью-Йорка)
16. Журавлев М.Ю. Темпоральность градостроительства и архитектуры: системный подход / М.Ю. Журавлев //Вестник МГСУ. – 2012. – № 8. – С. 20-25
17. Шкодовский Ю.М., Лаврентьев И.Н., Лейбфрейд А.Ю., Полякова Ю.Ю. Харьков вчера, сегодня, завтра. – Х.: Фолио, 2002. – 207 с.

# WORLD SCIENCE

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws)

*№ 5(45)*  
*Vol.1, May 2019*

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



Passed for printing 26.05.2019. Appearance 31.05.2019.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

RS Global Sp. z O.O., Warsaw, Poland, 2019

Numer KRS: 0000672864

REGON: 367026200

NIP: 5213776394