EAST EUROPEAN SCIENCE JOURNAL

#8 (48), 2019 część 2

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.
Częstotliwość: 12 wydań rocznie.
Format - A4, kolorowy druk
Wszystkie artykuły są recenzowane
Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.
Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

EAST EUROPEAN SCIENCE JOURNAL

#8 (48), 2019 part 2

East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.
Periodicity: 12 issues per year.
Format - A4, color printing
All articles are reviewed
Each author receives one free printed copy of the journal
Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood(University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood(University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

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

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

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

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

http://eesa-journal.com/

1000 copies.

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

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

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

http://eesa-journal.com/

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

Кушнарева К.А.
МОРФОЛОГИЯ МАЛЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ ПОДОЛЬЯ В АСПЕКТЕ РЕГЕНЕРАЦИИ 4

Тютіна Л.В.
ОСОБЛИВОСТІ РЕНОВАЦІЇ ФАСАДІВ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ МІСТ 9

Фесенко З.В., Бармашина Л.М., Хлюпін О.А.
ПРИНЦИПИ РЕНОВАЦІЇ ІСТОРИЧНОГО ЯДРА МІСТ із АРХІТЕКТУРНО-ІСТОРИЧНОЮ СПАДЩИНОЮ (НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІГОВА) 13

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Артим І. В.
ОЦІНКА ВПЛИВУ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПОРІД НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРИГЕННИХ ВІДКЛАДІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ 18

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Цгоев Т.Ф.
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО РЕГИОНА 24

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Попова Е. П.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И КОРНЕВОГО ОПАДА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *(PÍNUS SYLVÉSTRIS)* НА МИГРАЦИЮ CS^{137} В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ 29

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мамиконян Б.М., Меликян Т.А.
ЦИФРОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ ФАЗОВЫМ МЕТОДОМ 34

Меликян Т. А.
СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПЛАН КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗВИТИЯ БИЗНЕСА 42

Солодей И. И., Затылюк Г. А.,
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ 48

Сопов В.П., Казімагомедов И. Э., Наливайко Т.Т.
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОСОЧЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ОБЛИЦЮВАЛЬНИХ ВИРОБІВ 55

Хакимов Дилмурод Валижон угли
ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В СИСТЕМЕ KPI 60

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Быковский А. А.
РАСЧЕТ СОБСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМ-ФАКТОРА КАТУШКИ-ОСЦИЛЛЯТОРА 64

АРХИТЕКТУРА

Kristina Kushnarova
Post-Graduate Student, Department of Theory, History of Architecture, and Synthesis of Arts
National Academy of Fine Art and Architecture
Kyiv, Ukraine

URBAN MORPHOLOGY OF SMALL HISTORICAL CITIES OF PODOLLIA DISTRICT IN THE ASPECT OF REGENERATION

Кушнарева К.А.
аспирант кафедры ТИАСИ,
Национальная Академия изобразительного искусства и Архитектуры, Киев, Украина

МОРФОЛОГИЯ МАЛЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ГОРОДОВ ПОДОЛЬЯ В АСПЕКТЕ РЕГЕНЕРАЦИИ

Summary. The paper deals with the morphological structure of the small historical cities of Podolia district, by presenting and analyzing its urban structures and particular phases of the formation of cities and its main elements. It presents the factors, which identified features and the morphological analogy of the cities of Podolia and other districts. The comparison and analysis of the historical and present plans show the transformation of its structures, and proof that over last century architectural morphology of the cities combined in two different incompatible types. Defined the morphological structure, which can be the basis for the regeneration of the historic environment and the preservation of the architectural identity of the district.

Аннотация. Исследование посвящено изучению особенностей морфологической структуры малых исторических городов Подолья. Представлены и проанализированы характерные этапы формирования основных элементов и городской структуры в целом, а также факторы, определившие особенности и морфологическое сходство городов Подолья. Сравнение и анализ исторических и современных планов показывает трансформацию их структур и доказывает, что на протяжении последнего столетия архитектурная морфология городов объединила в себе два несовместимых типа структур. Определена морфологическая схема, которая может быть основой для регенерации исторической среды и сохранит архитектурную айдентику исследуемого региона.

Keywords: urban morphology, architectural identity, urban regeneration, sustainability, historic centers.

Ключевые слова: морфология города, архитектурная айдентика, городская регенерация, устойчивая структура, исторические центры городов.

Постановка проблемы. Исторические города по разным причинам, включая недостаток или плохо задействованные ресурсы на развитие городской среды, теряют свой исторический облик. Проблема почти всегда основывается на плохо развитой осведомленности о городах как мозаики взаимосвязанных архитектурных форм, образующих морфологическую основу. Часто управление исторической средой города, не выходит за рамки сохранения отдельных зданий, памятников и специальных зон, которые имеют историко-культурное значение. Исторические черты, как правило, трактуются как отдельные элементы. Для определения концепций регенерации, осознания того что существуют набор отдельных исторических особенностей города недостаточно, решающее значение имеет то как эти особенности сочетаются друг с другом в конкретных ситуациях и то как они формировались в результате историко – географических процессов.

Анализ последних исследований и публикаций. Принципы формирования исторических городов западной Украины, а также методы восстановления их структуры рассматривали такие ученые как: М. Бархин, А. Беккер, А. Бунин, А. Гутнов, А. Иконников, В. Топоров, П. Тронько, Т. Трегубова, Л. Трушина, П. Шульгин, А. Щенков, В. Якобсон, и другие. Проблемы сохранения ценной застройки и образа исторических городов исследовали Н. Бевз, М. Каплинская, О. Рыбчинский, М. Ясинский, теоретические разработки по определению ценности объектов культурного наследия и ее идентичности, а также и терминологический аппарат раскрыты в научных трудах Л. Прибеги, В. Вечерского, Б. Черкеса, Є. Водзинского, О. Титовой. Морфологические методы, основанные M.Conzen, и получившие развития в работах G. Caniggia, G. Maffei, É. Lovra положены в основу переосмысление принципов формирования городской структуры, как системы взаимосвязанных элементов.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Многочисленные исследования отдельных структурных элементов городов Западной Украины оставили без внимания аспект морфологического анализа городской застройки и планировочных схем исторических городов

Подолья. Практически не исследована их морфологическая основа с точки зрения аспектов, позволяющих определить концепции для регенерации исторической среды.

Цель исследования. Регенерация исторических городов предполагает не только восстановления жизнеспособности и развития города, но и сохраните его подлинного исторически сложившегося облика или архитектурной айдентики, это требует определить основные элементы и свойства структуры, которые формируют его морфологическую основу.

Изложение основного материала. Изучение городской формы, часто называемая городской морфологией, характеризуется рядом точек зрения относительно гаммы и соединения различных форм строений, которые в результате комбинации друг с другом создают новые вариации. Повышенный интерес к морфологии возник в начале 1980 – х годов, как область исследований, связанная с городским ландшафтом [Whitehand, 2001]. Морфогенетический метод, позволяет определить тип, или сходство архитектурного решения элементов городской структуры в конкретной группе городов, в соответствии с которой можно картографические выделить регион, которому свойствен определенный характер или набор схожих черт архитектурного и планировочного решения. Характер города во многом определяется визуальными особенностями городской среды, которые подкреплены функциональным наполнением [Янковская, 2006], относительно этих черт определяется архитектурная айдентика исторического города.

Определение архитектурной айдентики или визуальной узнаваемости конкретного города связана с двумя противоположными понятиями: типового и уникального архитектурного решения объектов или планировочной структуры городов, способными держать ассоциации с конкретным городом, аутентичным стилем, исторической эпохой, прочее. Архитектурная айдентика города определяет визуальную узнаваемость его исторического характера, уникальные признаки объектов города, которые позволяют его идентифицировать.

Для исследования формирования городской структуры и территорий взято четыре объемно – пространственные единицы: здание – район (локация) – город – территория [Caniggia, Maffei, 2001]. Морфологию можно рассматривать на основе взаимосвязи между типом здания и формой города, а также их формирования как следствия исторического процесса. Для определения взаимосвязей объемно–пространственных элементов города взято следующую градацию: 1. элементы: здания, 2. структура элементов: организация, группа зданий, 3. система структур: сочетание групп (районов).

Характер рельефа свойственный для региона Подолья во многом определил планировочную структуру и городов, большая часть которых на этапе основания представляли собой города – крепости, с развитой системой оборонительных сооружений [Рибчинський, 2017]. Рельеф, также определил способ размещения крепостных и замковых комплексов, наиболее распространенными из которых являются: размещение замка на возвышенности или в низине обнесенное водоемом или оврагом, таким образом городская структура оказалась отделена от замка перепадом рельефа или водоемом. Эти факторы повлияли на двух ядерное развитие структуры, один из которых приобрел большего развития вследствие полученного большинством городов, в период XIV – XIX ст., Магдебургского права. На этапе развития структура городов формировалась в пределах фортификационных укреплений с закрытой внутригородской композицией застройки, ориентированной на главные сооружения, замки, палаци, сакральные комплексы [Ясінський, 2018.]. Магдебургское право во многом определило упорядоченность, городской структуры, характерный центр города (с рынковой площадью), парцеллярность земельных участков и регулярность застройки, с набором архитектурных объектов необходимых для их полноценного функционирования и самоуправления, которые организованы близкой к радиально – лучевой планировочной системы с площадью в центральной части [Кравцов, 2007]. В большинстве случаев своеобразие ядра города определяют направление для дальнейшего развития планировочной структуры, с закрепленной системой вертикальных доминант и формирующей общую структуру застройки, которая создает четкие границы центральной площади и коридоров улиц. Центр города, чаще всего, образует рынковая площадь (близкая к квадрату в плане), которую ограничивают квартальные блоки рядовой застройка, преимущественно расположенные в два кольца [Каплінська, 2015]. Данная структура является одним из наиболее характерных закономерностей городов, Центральной Европы, которые имели Магдебургское право, независимо от региона или географических условий, в которых размещен город. Такие города как Бережаны, Збараж, Золочев, Теребовля, Микулинцы, другие имеют схожую структуру центральных площадей с городами Томашполь, Замосць, Ряшов, другими расположенными значительно западнее этнографического региона Подолья.

Рядовая историческая застройка часто фиксирует пространственный каркас и планировочную структуру устоявшейся исторической среды, она также создает оптимальные условия для визуального восприятия памятников архитектуры [Вечерський, 2003], поддерживает особый характер местности. Для рядовой застройки городов Подолья характерно единство архитектурных форм, которое значительно сложнее, чем просто функция однородности. Некоторые архитектурные объекты, объединенные в группы, получают свое единство от примесей, то есть получают единство через

неоднородность, этот эффект не редкость для многих исторических центров как городов Подолья, так и Европейских. Однако основой структуры рядовой застройки является ее упорядоченность, которая достигается сходством формы, высоты, длины фасада, насыщенности цвета и т.д. Исследовав стилистику архитектурной формы и пластику фасадов, применяемой в архитектуре малых исторических городов Подолья в особенности таких как Рогатые, Бережаны, Чортков, Бучач, Збараж, другие можно прийти к выводу, что при возведение рядовой застройки в разные исторические периоды, сохраняется сформированный периметр квартальной застройки, с фронтальными и угловыми зданиями, регулярность, пропорций фасадной части, высоту и масштабность. Однако стилистика оформления, а в некоторых случаях величина и способ размещения оконных и дверных проемов, тип кровли, также, как и внутренняя планировочная система является переменной, между тем характерно сохранение цветовой палитры или насыщенности цветового решения фасадов. Изменения пластики стилистического оформления фасада застройки, является предсказуемым следствием смены тенденций и популярности архитектурного стиля в разные временные промежутки, также как изменения планировочной структуры есть следствие смены потребностей и развития функциональной типологии. Исторические пейзажи города, часто являются отражением стилистики исторической эпохи, в которую он познал наибольшего развития, однако они поддерживают и развивают существующую иерархию объемов.

Наибольший уровень сохранности исторической застройки и характерен для городов получивших большего развития, с регулярной преимущественно каменной застройкой, которые также фиксировали характерную для региона планировочную структуру. На сегодняшний день сохранность исторической среды, является фрагментарной [Бевз, 2003]. Наиболее частыми изменения в структуре малых городов подолья являются: утрата объектов рядовой застройки; изменение или модернизация исторических центров, создание нового архитектурного комплекса на месте исторического; застройки площади исторического центра и создание нового административного центра (Рисунок 1).

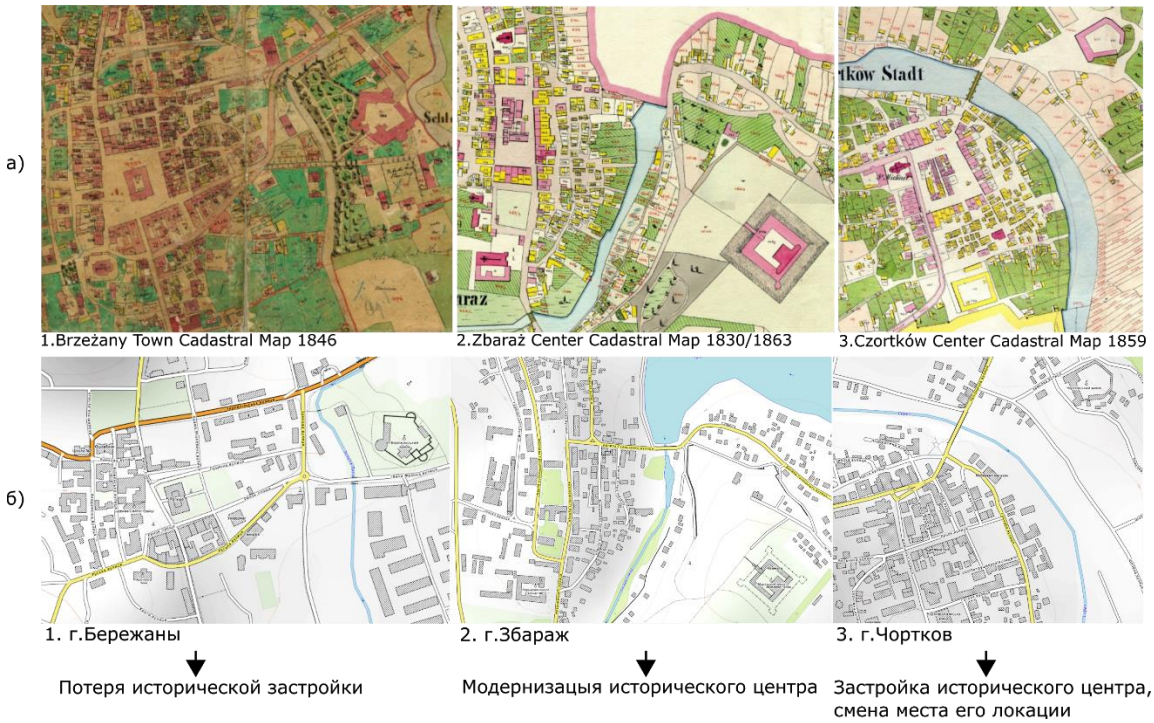


Рисунок 1. Примеры характерных изменений архитектурно – планировочных решений исторических центров; представлены планы городов с одним из наибольших уровней сохранности (1. Бережаны, 2. Збараж; 3. Чортков); а) кадастровые карты XIXв. Австро-Угорского Королевства (Digital Map Room) а) кадастровые карты на 2019 г. (Публічна кадастрова карта України)

В многих исторические городах таких как Козове и Гусятин, застройка исторических центров была заменена, при этом сохранив планировочную структуру. В архитектурном пространстве малых городов Подолья встречается несоответствие между историческим, географическим характером городской среды с интегрированными постройками второй половины XX ст., принципы организации городской среды и архитектурный стиль примененые в этот период, во многом внедрились в современные традиции урбанистики этого региона.

Изменения планировочного и пространного решения исторических центров которому продавались города Подолья после присоединения их территорий в состав СССР, преследовал идею их адаптации в соответствии с архитектурными принципами Советской республики и подведением их под определенный стандарт. В основе

концепции, взятой для модернизации исторических городов, были типовые пространственно – композиционные схемы плановых городов, характерной чертой которых является масштабность пространства и архитектурных объемов, однородность по типологическим особенностям и стилистике, формирования кварталов с помощью точечно размещенных групп здания, монументальность административных центров, другое. Этот этап характерен не только модернизацией исторических центров и созданием новых организованных жилых кварталов, но и появлением обособленно стоящих пятиэтажных жилых зданий домов (“хрущевок”), застройки 1960 – х гг. и девяти- и более этажных домов застройки 70 – 80-х годов. [Черкес, 2006]. Размещение такой застройки вблизи исторических центров создало контраст с более ранней исторической застройкой, по высоте, масштабности, стилистике, архитектурной пластике, часто перекрывает композиционные связи направленные на сакральные сооружения, другое, это во многом привело к потере экономической, пластической и сакральной значимости пространства.

Можно утверждать, что вплоть до второй половины XX ст. развитие городов имело наследственный характер, большинство строений, созданных до периода Советской модернизации повторяли основные традиционные для региона морфологические черты типологической группы к которой они принадлежат. Сохранялась вертикальная иерархия (Рисунок 2), в которой доминантами служили объекты общественного и сакрального значения; объектами наполнения, которые удерживали планировочную структуру города, была рядовая блокированная застройка, объекты которой были организованы по высоте, длине фасада, регулярности, цвету, иногда стилистике (тип А.). В основном рядовая застройка имела жилую или комбинированной с торговой, другими функциями.

Рисунок 2. 1) Фасадная развертка типов строений: сформированных в XVI-XIX в. (тип А.); свойственных городской застройки советского периода (тип Б.); соединение типов (тип А. + тип Б.) которые приобрели города в ходе модернизации 2 -ой пол. XX в.; (разработка автора) 2) Фото фиксация исторической среды городов Снятын и Городенка (фото из архива автора 2018 г.)

Основа исторической структуры сформирована до периода модернизации второй половине XX в., она имела четкие разделения в вертикальной иерархии относительно типологических групп объектов, где жилая застройка 2 – 3-х этажей, воспринимаются, как однородная группа объектов, а общественные здания имеют качества доминант и акцентов. Модернизация структуры, которую получили города, стала причиной изменения вертикальной композиции исторических городов, и соразмерности архитектурных объектов различных типологических групп. В частности, сооружения созданы в период модернизации: жилая застройка, административная, торговая, культурные сооружения, часто имели схожую структуру и архитектурное решение. В городах исследуемого региона она является упрощенной по сравнению с идентичными по функции сооружениями, созданными в административных центрах СССР.

Архитектурные объекты и изменения планировочных решений которых приобрели города в ходе модернизации второй половины XX в., часто называют диссонирующими, разрушающим исторически сформирований характер городов [Вечерський, 2002]. Причиной этому является несоответствие морфологии городов СССР и исторически сложившиеся структуры городов Подолья, каждая из которых является полноценной по отдельности, однако практически не могут быть совместимы.

При поиске концепции для регистрации малых исторических городов необходимо учитывать пространственные уровни визуального восприятия характера среды города. Идентичность городских структур является результатом, размещения в схожих географические условиях и ресурсов местности, а также необходимость соответствовать функциональным требованиям эпохи, ключевыми этапами которых был их переход во владение тех или иных государств политика управления которых была направлена на отличные от первых экономические, идеологические предпочтения. В результате морфологическая структура городов Подолья образована комбинацию трех наиболее характерных этапах: формирования города, создания оборонительных фортификационных структур (1-й этап); формирование регулярности

застройки и вертикальной иерархии архитектурных объектов, повышение уплотненности застройки, территориальный рост (2-й этап), модернизации городской структуры второй половины XX ст. (3-й этап), (Рисунок 3).

Рисунок 3. Этапы развития морфологической структуры, с отображением соразмерности архитектурных объектов относительно типологических групп (разработка автора).

Так как два первых этапа во многом имели наследственный характер и их можно приравнять, образовалось смешение двух не соответствующих друг другу структур, которые являются наглядным примером необходимости подчинения современных построек исторической архитектурной айдентики. Современная морфология исторических городов является комбинацией исторической структуры и архитектурной айдентики заложенной в Средневековье и образованной на основе принципов урбанистки Советского периода, которые являются не совместимы друг с другом (Рис.3, этап 3). Планировочная структура городов закреплена за счет фрагментарно сохраненной исторической застройки и сложившейся в 2– ой пол. XX ст., в большинстве случаев преувеличенной в масштабе.

Основными качествами, которые держат узнаваемость, айдентику города является исторически сложившийся каркас города, который закреплен набором уникальных и типовых архитектурных объектов. Типовые решения, имеют в своей основе схожую морфологическую структуру, следовательно, возникают традиционные для региона или города объемно – пространственные связи, масштабность и силуэт застройки. Влияние этих связей в рамках города определяется на нескольких уровнях визуального восприятия: микроуровне в качестве отдельного объекта, мезоуровне – пропорциональное соотношение группы локально размещенных сооружений (силуэт развертка улицы), включая масштабное соотношением рядовой застройки к архитектурной доминанте, а также макроуровне – панорама, силуэт значительной части города. В зависимости от длины на которой объект воспринимается визуально, его способность держать айдентику будет распространяться на локальную часть или весь город.

Выводы из данного исследования и предложения. Архитектурную айдентику городов следует рассматривать как динамическую структуру, которая модифицируется с развитием социально – культурного контента, однако имеет устойчивые элементы города: уникальные объекты архитектуры, планировочные решения, образования кварталов и центров, другое; и типовые имеющие схожую морфологическую основу. Комбинация типовых и уникальных архитектурных решений позволяет идентифицируют город среди других, придают им неповторимый архитектурно – художественный характер.

Для малых городов Подолья характерно соединение двух различных по свойствам морфологических структур, исторически сложившаяся и внедренная во второй половине XX ст., которая закрепилась в современном строительстве. Традиционной для региона следует считать раннюю морфологическую структуру и максимально придерживаться принципов ее формирования. Регенерация, проведенная в рамках закономерности этой морфологической структуры, позволит сохранить упорядоченность и характер города. Особенности города, которые придают им узнаваемости или держат архитектурную айдентику следует рассматривать как катализатор, основу для креативных решений при регенерации исторической среды. При создании новых строений в исторической застройке стоит руководствоваться такими характеристиками как: обобщенная форма здания, тип размещения в планировочной структуре, тип соединений зданий в группе, вертикальная иерархия группы зданий.

При внесении предложений по регенерации исторической среды города, должны быть рассмотрены понятия единства и единицы элементов города, как в значении отдельного архитектурного объекта, независимо от того является он доминантным или рядовым объектом, так и того с какими объектами они воспринимается как органичная группа. Регенерация исторических городов должна предполагать восстановления единства архитектурной айдентики, которая, при этом не должна предполагать однородность или копирование стилистических черт исторических

зданий, однако должна подчинятся морфологической основе.

Список литературы:

Conzen, M.R.G.: Morphogenesis, morphological regions and secular human agency in the historic townscape, as exemplified by Ludlow. Urban historical geography (eds: Denecke, D. and Shaw, G.), 1986, Cambridge University Press, p.25

Caniggia, G. and Maffei, G.L.: Architectural composition and building typology: interpreting basic building, Alinea Editrice, Firenze, 2001, p.10.

Digital Map Room, a spin-off of the Gesher Galicia Cadastral Map and Land Owner Records Project // https://www.geshergalicia.org/projects/the-maps-project/

Whitehand J.W.R.: British urban morphology: Conzenian tradition, International seminar on urban form, 2001 Urban morphology, 5 (2), – p.103-109

Бевз М.В., Завдання збереження та регенерації цінних архітектурно–містобудівних комплексів історичних міст / М. В. Бевз // Проблеми розвитку міського середовища. – 2011. – Вип. 5–6. – С. 15–23.

Вечерський В.В., Спадщина містобудування України// Київ, 2003.– 560 с.

Вечерський В.В., Втрачені об'єкти архітектурної спадщини України. – К.: НДІТІАМ, 2002. – 592 с

Кравцов С., Принципи регулярного містобудування Галичини XIV – XVII ст.//Львів, 2007. – 121 с.

Каплінська М. В., Архітектурно-містобудівні принципи регенерації ринкових площ історичних міст західного регіону україни: дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх.: спец. 18.00.01 – "Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури" / М. В. Каплінська — Львів, 2015 — 263с.

Рибчинський О.В., Формування і ревіталізація середмість історичних міст україни: дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх.: спец. 18.00.01 – "Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури" / О.В. Рибчинський, Львів, 2017.– 438 с.

Публічна кадастрова карта України; Режим доступу: https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta

Черкес Б.С., Національна ідентичність в архітектурі громадських центрів столичних міст в умовах ідеологічної детермінації: дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх.: спец. 18.00.01 – "Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури" / Б.С.Черкес, Львів, 2006. — 402 с.

Ясінський М.Р., Відтворення кварталів рядової забудови центральних частин малих історичних міст: дис. на здобуття наук. ступеня канд. арх.: спец. 18.00.01 – "Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури" / М.Р.Ясінський, Львів, 2018. – 303 с.

Янковская Ю. С. Архитектурный объект: образ и морфология : автореф. дис. на соискание науч. степени д-ра архитектуры : спец. 18.00.01 "Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия» / Ю. С. Янковская. — М., 2006. — С. 9, 33.

Tiutina L.V.
Postgraduate Student.
National Academy of Fine Art and Architecture

RENOVATION OF THE FACADES OF THE HISTORICAL BUILDING OF THE CITY

Тютіна Л.В.
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ РЕНОВАЦІЇ ФАСАДІВ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ МІСТ

Summary. Renovation of historic buildings is an important function of maintaining the architectural and spatial framework. Paradigms change, social needs and styles shift. Therefore, the old buildings should be renovated and modernized. Therefore, the article will outline the general provisions on the procedure and opportunities for the restoration works of buildings of historical urban development and the renovation of their facades. There must be conditions to preserve the authenticity of the architecture and to modernize the architecture.

Аннотація. Оновлення фонової забудови є важливою функцією підтримання архітектурно-просторового каркасу, в якому такий вид забудови співіснує з пам'ятками архітектури. В часовому векторі змінюються життєві парадигми, відбуваються зрушення соціальних потреб та стилів, тому все, а особливо пластична мова будівель має оновлюватись та осучаснюватись. Тому в статті дослідження будуть висвітлені узагальнені положення щодо процедури та можливостей проведення відновлювальних робіт будівель історичної забудови міст(особливо реновації їх фасадів) – як за умови збереження автентичності пластичної мови архітектури, так і за умови її осучаснення

Key words: modern architecture, renovation, plastic architecture, facade, reconception,, modernization, overhanging facade.

Ключові слова: сучасна архітектура, реновація, пластична мова архітектури, фасад, реконцепція, реставрація, модернізація, сигнація, нависний фасад.

Постановка проблеми. Дослідити, проаналізувати та надати рекомендації щодо можливостей видозмінення та покращення фасадів історичної забудови.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед огляду історико-бібліографічних джерел зустрічається книга «Архітектурно-історичне середовище» Пруцина О., Римашевского Б., Борусевича В., де мова йде про особливості реставраційних робіт фасадів в містобудуванні та контексті вулиць: «В системі окремого будинку з його службами і розміщенням будівель у фронтальному ряду вулиці, особливо в співвідношенні ширини вулиці та висоти жилих будинків, ясно простежувалася підпорядкованість, визначала основу історичного західно-європейського містобудування. Крім того, при всьому різноманітті деталей і пластики фасадів всі будівлі згідно об'єму і маштабу в системі вулиці в тій чи іншій системі були взаємозалежні. Знання цих взаємозв'язків, а також відчуття естетики і художньої системи образу будівлі поряд з натурним дослідженням допомагають сучасному реставраторові відтворити у всій повноті первісний вигляд історичної споруди» [8, с. 408].

Російський історик Н. Ф. Гуляницький у своїх доробках наголошує про важливість збереження фонової («рядової») забудови, як важливого кластеру збереження історичного простору: «рядова забудова історичних міст в своїй більшій частині не підлягає охороні. Однак при збереженні міста як єдиного пам'ятника архітектури рядова забудова розглядається як один з найважливіших елементів організації просторової міської структури і як історичне середовище міста, необхідне для сприйняття унікальних будівель, як «архітектурний фон» [2].

Варто зазначити напрацювання «Охорона та реставрація об’єктів архітектурно-містобудівної спадщини України: методологічний аспект» Л.В. Прибєги, де мова йде безпосередньо про доцільність та регламентованість реновації в історичній забудові: «для відтворення структурної та композиційної цілісності історично успадкованого просторового каркаса та виявлення на цій основі характеру традиційного середовища можуть застосовуватися реставраційні відновлення втрачених історичних споруд, вкраплення об’єктів нового будівництва в зруйновані ділянки містобудівної тканини у параметрах історичного усталеного просторового каркаса відповідного середовища. Для забезпечення життєздатності середовища відповідного утворення мають проводитися роботи, спрямовані на функціональну реабілітацію і адаптацію забудови, її реновацію, а також допускається модернізація маловиразних споруд, що не належать до пам’яток. Комплекс, заходів, що переважно обмежується модернізацією і реновацією існуючої забудови та спорудженням об’єктів сучасної архітектури, спрямовується на структурне і функціональне оновлення відповідних утворень у параметрах, адекватних їх традиційному устрою.» [7, с. 304]

Фоновою забудовою, за висловлюваннями Кімеєвої Т.І., зацікавились у 1970-ті роки, висунувши щодо пам'яток архітектури тезу про збереження поряд з самим об'єктом навколишнього просторового середовища [4, с. 72 -79].

Стаття Соколовської О.Ю. «Об’ємно-планувальні принципи і методи реновації масової житлової і громадської забудови» підводить до висновків, що вітчизняний досвід як загальної реновації так і реновації фасадів теоретично є слабо розкритим і в більшості кращим прикладом є закордонний досвід. [10, с. 80 -86].

Також щодо останніх досліджень було розглянуло інтернет ресурси закордонного досвіду реновації фасадів.

Виділення невирішених насьогодні частин загальної проблеми. Зазначені вище у попередньому розділі питання не є достеменно вирішеними, тому ми беремо на себе зобов’язання більш ширше освітити сферу реновації фонової забудови історичних міст та надати комплексні рекомендації.

Мета статті: Дослідити та проаналізувати методи реновації фасадів в контексті історичної забудови міст з урахуванням їх осучаснення та збереження історичного простового каркасу оточуючого середовища.

Виклад основного матеріалу. З плином часу багато фасадів в історичній забудові міст втратило свій належний вигляд внаслідок дії антропогенних, геологічних або топологічних факторів. Задля покращення цього становища, варто проводити ряд процедур щодо реновації фонової забудови. Згідно нормативної документації визначенням фонової забудови історичних міст може слугувати твердження в ДБН Б.2.2-3:2012 де мовиться: «Традиційна масова забудова історичної частини населеного місця, що фіксує історичне розпланування і є за своїм масштабом і архітектурою органічною складовою історичного середовища. Вона не має самостійної художньої цінності, але разом з пам'ятками і значними історичними будівлями складає цілісні містобудівні утворення.» [3 с. 5]. Це історично цінні будівлі, але вони не є пам’ятками архітектри.

Реновація фасадів – це процес їх оновлення за наявності морального та матеріального зношення. Застосування такої процедури можливе лише в фоновій забудові історичних міст і в жодному випадку не можливе до значних пам’яток архітектури.

Історична забудова міст включає в себе як і пам’ятки архітектури, так і фонові будівлі, що не мають культурної цінності, але є важливою допоміжною складовою даного середовища. Реновація фасадів – це процес їх оновлення за наявності морального та матеріального зношення. Така процедура може включати в себе комплекс дій щодо приведення її до належного стану, а саме: сигнацію, реконструкцію, введення нових сучасних фасадних систем.

Варто зазначити, що реновація у повній мірі не може застосовуватися до значимих пам’яток

архітектури, оскільки вони потребують максимального автентичного збереження, коли в той самий час фонова забудова може піддаватися значним трансформаціям. Комплекс реноваційних дій визначається в залежності від того, в якому стані перебуває об'єкт.

Тому перш за все варто окреслити ширше розуміння обсягу робіт та задач в практичному застосуванні поняття «реновація». Процедура оновлення фасаду будівлі проводиться поетапно. Реновація починається з детального дослідження будівлі та її ближчого оточення, встановлення головних історичних особливостей та значень, аналізу можливості збереження культурних нашарувань (за їх наявності). Проводяться історико-бібліографічні та архівні дослідження, збір і аналіз графічних та фотоматеріалів, що можуть нам розповісти щось про існування будівлі в часі і визначеннях вартих для збереження її фрагментів. Опісля проводиться обмір, фотофіксація, фіксація окремих деталей будівлі.

Під час та опісля подібних заходів приймаються рішення як та яким чином має проводитись реновація. Які мають бути проведені дії, щоб відновити та осучаснити будівлю.

В розроблення проектної пропозиції групою фахівців мають бути включені декілька умов, на які мають зважати розробники – це оточуюче середовище, композиційна цілісність фасаду будівлі та модернізація.

Венеційська Хартія зазначає: «Елементи, яким належить замінити відсутні частини, мають гармонійно вписуватись у загальну форму пам'ятки, але водночас і відрізнятися від автентичних фрагментів, щоб запобігти фальсифікації пам'ятки як документа історії та твору мистецтва.

Доповнення допустимі лише в разі, якщо за їх виконання залишаються незайманими всі варті уваги частини споруди, її традиційне оточення, композиційна рівновага та зв'язок із навколишнім середовищем». [6, с.335].

Коментар з Венеційської Хартії хоч і здебільшого стосується архітектурних пам'яток, проте його застосування може бути доцільним і для фонової історичної забудови.

Одним з методів, що може бути включеним в загальне поняття «реновація будівлі» є реконструкція. Це спектр робіт, що передбачає глобальні зміни та реорганізацію будівлі як в геометричних параметрах так і в функціональному застосуванні об'єкта; вторгнення в матеріальну й конструктивну структури та їх видозмінення.

Проектувальникам варто звернути увагу на Краківську хартію (2000 р.), де виділяється особлива увага реновації в сучасному напрямі розвитку архітектури і в жодному випадку не копіювання під те, що було. «Реконструкції великих частин будинку "в його історичному стилі" треба уникати. Реконструкція дуже малих архітектурних фрагментів може стосуватись винятково при умові опертя на прецезійну і незаперечну документацію. Якщо для вживання споруди необхідно виконати більші просторові чи функціональні частини – вони повинні проектуватися в дусі сучасної архітектури.» [5].

А також подібне твердження зазначене в Ризькій Хартії: «Копіювання культурної спадщини в принципі є підміною свідчення минулого; кожен архітектурний витвір має відображувати той час, коли він створений. З довкіллям нові будівлі можуть підтримувати контекст історичного середовища [9].

Подібні твердження, що застосовуються здебільшого для пам'яток архітектури цілком можуть задовольняти вимоги реновації фасадів історичної забудови. Вони попереджають від умисного копіювання історизму та стримування розвитку, еволюції архітектури.

В 2017 році було завершено реконструкцію київського Центрального універсального магазину (ЦУМ) по вул. Хрещатик. В композиційній ритмічній впорядкованості елементів фасаду було оновлено матеріальну структуру, зокрема змінено скління. Маштаб вікон, на відміну від попереднього вигляду, було збільшено і оснащено медіа-системами. Так історичний фасад включив в себе нові сучасні технічні системи.

Маючи подібний приклад, можна говорити про те, що реконструкція в умовах історичного середовища може включати в себе введення нових сучасних конструктивних елементів на фасад фонової забудови: нависних вентильованих фасадів, екологічно-органічні панелі , медіа-фрагменти і т.д.

Такі засоби особливо актуальнІ при питаннях реконцепції будівлі та покращення її енергоефективності. Процес пристосування старої будівлі під нові функціональні вимоги може обернутися процесом нових добудов до будівлі, що змінюватиме вигляд фасаду.

Ще одним узагальненим методом реновації будівлі може бути сигнація. Іноді, щоб відокремити відтворені частини від справжньої матеріальної структури, їх виділяють шляхом сигнацій – вставок, які умисно відрізняються за кольором або фактурою. Основна вимога до подібного – щоб додавання нових складових фасаду було композиційно коректним, при цьому не спотворюючи загальну композицію, тримаючи її змістовність.

Такий досвід на нашу думку є позитивним, оскільки він є максимально правдивим, по відношенню, як до оточуючого середовища, так і для глядача –фрагменти та матеріали відповідають своєму, належному в часі втручанню У будівлю.

Як приклад таких дій можна навести Музей Морецбург (Галле, Німеччина)

У 15-го столітті це був замок в дусі готичної воєнної архітектури. «З 17-го століття частина замкового комплексу перебувала у стані руїни аж до 2008 року, поки не була проведена загальна реновація за проектом архітектурного бюро NietoSobejanoArquitectos.» [1].

Їх головна мета була осучасненні та відновленні замку, зберігаючи ті рештки

нашарувань віків, що лишились до сьогодні. Звернувшись до методу сигнації, вони надбудували над автентичними стінами об'єм зі світло-прозорих конструкцій, що доповнивта модернізував будівлю, її функціональну значимість та фасад.

Висновки та пропозиції:

Отже, реновація фасаду фонової забудови в історичному середовищі є широким процесом, що включає в себе дослідження та аналіз історії формування, існування загального стану будівлі. Проведення аналізу її іконографії в історичному спектрі, а також естетично-композиційних якостей. В залежності від умов пам'ятки, умов оточуючого середовища, загальної композиційної доцільності та модернізації розробляється проектна документація. Мають бути враховані умови збереження тієї автентичності(за умови історичної значимості), що досягла часу реновації та безпосередньо сучасного оновлення. Реновація може відбуватися за допомогою реконструкції та сигнації.

Сучасний фасад архітектури має широку палітру засобів самовираження. Мова йде про навісні панелі вентильованого фасаду, медіа-системи чи навіть динамічні елементи та інш. Під час підготовки проектної документації реновації будівлі подібні елементи можуть бути застосовані. Рівень втручання таких нововведень залежить від досліджень історичності конкретної будівлі, її матеріальної структури та навколишнього простору.

Список літератури:

1. А як у інших? Іноземний досвід реновації історичних будівель [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: http://www.citylab.org.ua/26-a-yak-u-inshyh.html.

2. Гуляницкий, Н. Ф. О современном значении понятия «памятник архитектуры» [Электронный ресурс] / Н. Ф. Гуляницкий // Теория и практика реставрационных работ (ArtConservation: социал. специализ. ресурс информ. содейст. в сфере сохр., консерв. и реставр. памятн. матер. культ) – М.: НИИТИиППСА, 1972. – № 3. URL: http://art-con.ru/node/5595 (дата обращения 15.03.2019).

3. ДБН Б.2.2-3:2012 Склад та зміст історико-архітектрного опорного плану населеного пункту – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 21 с.) с. 5.

4. Кімеєва Т.И., Юдин М.О. — Формування методики реставрації об'єктів архітектурної спадщини: історичний аспект // Genesis: історичні досладження. – 2019. – № 3. – С. 72 - 79.

5. Міжнародна хартія з охорони та реставрації архітектурно-містобудівної спадщини (Краківська хартія 2000 р.) Краків - Вавель, 26 жовтня 2000 року

6. Пам'яткознавство: правова охорона культурних надбань : зб. док. / Ін-т культурології Акад. мистецтв України ; редкол.: Богуцький Ю. П. та ін. ; упоряд.: Прибєга Л. В. [та ін.]. — Київ : Ін-т культурології Акад. мистецтв України, 2009. – 416 с. – 335с.

7. Прибєга Л.В. Охорона та реставрація об'єктів архітектурно-містобудівної спадщини України: методологічний аспект. – К.: Мистецтво, 2009. – 304 с.; іл.

8. Пруцин О. І. Архітектурно-історичне середовище / О. І. Пруцин, Б. Римашевский, В. Борусєвич., 1990. – 408 с.

9. Ризька хартія з автентичності та реконструкції історичних об'єктів у контексті збереження культурної спадщини/ Регіональна конференція «Культурна спадщина: автентичність і історична реконструкція». – Рига, 2000 р.)

10. Соколовська Ю.С. Об'ємно – планувальні принципи і методи реновації масової житлової і громадської забудови [Текст] / Ю.С. Соколовська // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2016. – № 1, частина 3. – С. 80-86

УДК 727.2 (043.2)

Fesenko Z.
magistrant
Barmashina L.
PhD in Architecture, Associate Professor,
Hlyupin O.A.
Senior Lecturer
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Architecture and Design, National Aviation University, Kyiv, Ukraine

PRINCIPLE OF RENOVATION OF THE HISTORICAL NUCLEUS MIST WITH THE ARCHITECTURAL AND HISTORICAL DECLINE (ON THE APPLICATION OF CHERNIGOV)

Фесенко З.В.
магістрант
Бармашина Л.М.
кандидат архітектури, доцент
Хлюпін О.А.
старший викладач
кафедра архітектури факультету архітектури, будівництва та дизайну, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ПРИНЦИПИ РЕНОВАЦІЇ ІСТОРИЧНОГО ЯДРА МІСТ ІЗ АРХІТЕКТУРНО-ІСТОРИЧНОЮ СПАДЩИНОЮ (НА ПРИКЛАДІ ЧЕРНІГОВА)

Annotation. The historical core of cities with architectural-historical heritage for today needs careful protection and competent reconstruction. It is possible to do this with the mutual consent of public authorities, specialists in the field of restoration and the public of the reconstructed city. The main purpose of these events is to improve the quality of life of the citizens and increase the authority of the city.

Анотація. Історичне ядро міст із архітектурно-історичною спадщиною на сьогоднішній день потребує дбайливої охорони і компетентної реконструкції. Здійснити це можливо за умови взаємної згоди органів державної влади, фахівців у галузі реставрації, а також громадськості міста, що підлягає реконструкції. Основна мета проведення, даних заходів - поліпшити якість життя городян і підвищити авторитет міста.

Keywords: renovation, historical core, architectural-historical heritage, tourist activity.

Ключові слова: реновація, історичне ядро, архітектурно-історична спадщина, туристична активність.

Постановка проблеми (актуальність). Багатовіковій історії міст присвячено велику кількість літератури, однак теорія містознавства, її понятійний і категоріальний апарати лишаються, принаймні в Україні, недостатньо розробленими. Чимало неясностей і розбіжностей існує в системі визначення віку конкретного міста, оцінки історичної значимості міської топоніміки. Відсутні методики розрахунку допустимих навантажень щодо урбанізації, транспортного тиску на старовину, що підлягає збереженню й оновленню. Сьогодні кожне історичне місто виступає як складний, багатофункціональний соціальний організм, в якому химерно переплітається старе і нове, природне і рукотворне. Завдання модернізації тут часто входять у конфлікт із потребами збереження й охорони старовини. Щоб осучаснити історичні міста і водночас не порушити зв'язок століть, потрібно не лише враховувати весь комплекс естетичних вимог, але й перебувати у всеозброєнні історичного знання.

Аналіз досліджень та публікацій за темою. Мистецтво реконструкції пам'яток містобудування та архітектури перш за все має бути мистецтвом гармонійного розвитку ансамблю, комплексу, міста, спираючись на об'єктивні закономірності взаємодії мистецтва архітектури з простором і часом - основними сферами буття. Так у своїх роботах М. Бархін стверджує, що ансамбль – це не просто група будівель. «... Обов'язковий учасник архітектурного ансамблю - простір, організований цими будівлями, організований за певним задумом, відповідно до певної ідеї» [1]. Розробка наукових засад реновації та реставрації історичного міського середовища з урахуванням такого підходу має визначити перспективні напрями відповідної діяльності.

Цікавою та важливою є теорія «критичної реставрації», яку запропонували італійські вчені Р. Пане і Р. Бонеллі. Поняття критичної реставрації передбачає необхідність оцінки ступеню важливості кожної складової пам'ятки архітектури чи містобудування з точки зору її історичної, та мабуть перш за все естетичної цінності. Пане, зокрема, писав: «Слід зважати, чи мають деякі елементи характер мистецтва, оскільки в разі негативної відповіді те, що приховує або навіть порушує істинно прекрасне зображення, цілком законно усунути … як раз на основі критичної оцінки. Звісно, і потворне належить історії, але з цього не випливає, що йому потрібно присвячувати

таку ж турботу, якої гідно заслуговує тільки прекрасне» [4].

Метою статті є визначення та теоретичне обґрунтування принципів реновації історичного ядра міста з архітектурно-історичною спадщиною на прикладі Чернігова.

Основна частина. В українському місті Чернігові донині зберігся унікальний цілісний архітектурно-ландшафтний комплекс, який формувався упродовж тисячоліття (рис.1).

Рис.1. Абрис Чернігівський, 1706 рік

Нині цю територію займає парк. Наразі він знаходиться у незадовільному стані, який характеризують, зокрема: розкиданість пам'яток архітектури та мистецтва по території; погано виражена вхідна група; відсутність візуально-просторових зв'язків між окремими елементами; недостатній і невиразний благоустрій тощо. Слід зазначити, що середмістя та околиці Чернігова також мають багато містобудівних і архітектурних недоліків, а саме: занедбані фасади будівель; нерозвинута туристична інфраструктура; дефіцит готелів та інших громадських закладів тощо. Все це зумовлює нагальну потребу в оновленні історичного ядра Чернігова, поверненні до ансамблевого підходу з метою гармонійного поєднання з іншими територіями містом. Передбачається, що такий підхід сприятиме розвитку туризму та підвищить якість міського середовища.

Стилістика історичного ядра охоплює ціле тисячоліття: тут присутні архітектурні пам'ятки давньої Русі, ренесансу, бароко та класицизму. При цьому всі вони архітектурно виступають як єдине ціле. Широкий діапазон послідовних етапів архітектурного нашарування історичного ядра містить відбиток і сучасної архітектурної та урбаністичної практики – як органічне продовження сучасного розвитку міста в історичному контексті.

Територія фортеці, з якої народилося місто Чернігів, поступово і частково стихійно перетворилася на парк. Через щільне розміщення дерев ускладнено огляд споруд та майже повністю відсутні візуально-просторові зв'язки. Чернігів зазнав певних втрат архітектурно-містобудівної спадщини. Його історико-архітектурна цінність могла бути набагато більшою, якби збереглися Михайлівська та Благовіщенська церкви, системи укріплень та дерев'яний замок із п'ятьма вежами (рис.2).

Рис.2. Реконструкція частини східного фасаду Чернігівської фортеці XVIII ст.

Одним із напрямків вирішення окресленої комплексної проблеми міста Чернігова може бути реновація його історичного ядра – як комплекс архітектурних і урбаністичних заходів,

спрямованих на оновлення середовища історично сформованого центру з урахуванням сучасних вимог комфортності, безпеки, доступності, забезпечення сталого розвитку та візуального сприйняття історичної спадщини. Сучасне розуміння осучаснення історичного середовища передбачає системне комплексне оновлення, засноване на трьох основних методах: реставрації, реконструкції та реновації, застосування яких для кожного об'єкту архітектурної спадщини визначається індивідуально за результатами наукового обґрунтування та багатовекторних практичних досліджень.

При розгляді шляху реставрації міського простору є три основних напрямки, які засвідчив у 1948 році Д. де Анджеліс д'Оссат на П'ятому національному конгресі істориків архітектури в Перуджі (Італія). Доповідач вказав на різні позиції в сучасній реставрації. Перша пропонує обмежуватися консервацією частково або повністю зруйнованих історично цінних пам'яток. Іншу позицію формують прихильники інтегральних цілісних реконструкцій. Вони вважають, що на основі наявної інформації можна відновити будівлю майже з ідеальною точністю. Третя позиція, що відзначається доповідачем, так звана модерністська. Вона стверджує, що репрезентативне відновлення неможливе, а міста і будівлі мають відновлюватися в сучасних формах. Де Анджеліс називає всі три напрямки абстрактними і оцінює їх позиції як тупикові [1].

Наразі необхідно переглянути зазначені позиції з метою пошуку реальних можливостей їх реалізації з урахуванням сучасних умов. Модерністська течія може призвести до цілковитого зникнення історичного минулого. Це не відповідає потребам міських центрів малих історичних міст, а отже відоме гасло «старому місту сучасний вигляд» не є актуальним. У багатьох містах, не тільки малих, але і великих, спостерігається негативна ситуація знищення міських ансамблів впровадженням нових форм. Цьому процесу слід запобігати принаймні в малих містах, де ще є можливість зберегти історико-архітектурне середовище. На рис.3 наведено приклад дуже вдалої реновації центральної території невеликого міста поблизу Барселони.

а

б

в г

Рис.3. Територія історичного центру міста Жиронелла після реновації, Іспанія: а)«річковий» фасад; б) верхня пішохідна вулиця; в) сучасний підйомник; г) нижня частина ліфту

Дуже яскраво виражається ідея консерватизму в брошурі Дворжака, що вийшла другим виданням в 1918 р. в Австрії під назвою «Катехізис охорони пам'яток» [3]. Дворжак наголошує на недоцільності відтворення втраченого: навіть достовірно відтворені елементи будуть чужими в пам'ятці архітектури, «тому що в ній відсутнє минуле, яке виявляє себе як людський почерк у кожній лінії». Таким чином для збереження історичних центрів міст метод консервації як основний не підходить. Такі дії можна використовувати тільки в окремих випадках для споруд, які розміщуються відокремлено від міської структури, наприклад, споруди фортифікаційного призначення.

Інший учасник того ж конгресу 1948 розставив акценти дещо інакше. Д. Піка зазначив, що теорія наукової реставрації породжувала атмосферу болісної невизначеності, прагнучи зберегти кожну історичну дрібницю. Переробки та сторонні включення вважалися осквернення монумента чи будівлі. Пам'ятка - не музейний експонат, а частина життя, він здатний до трансформації. З належною обережністю його треба пристосовувати до нових потреб. Пам'ятка архітектури чи містобудування не є предметом виключно наукового інтересу для фахівців, у нього є інші суспільні функції – естетична та соціальна. Реставрація повинна стати справою сучасних архітекторів, а спадщина - знайти душевний контакт з сучасністю [4,6].

Пам'ятка архітектури несе в собі два основних значення: історичне та естетичне. Історична складова важлива вузькому колу фахівців, а естетична - всьому суспільству, що проживає в конкретному місті або приїжджає туди для культурної насолоди. Вивчення старовинних проектів і історичних матеріалів, а також обстеження безпосередньо об'єкту реконструкції, реставрації та реновації є важливим етапом на початку роботи.

Висновки. Завданнями реноваційного процесу в центрі міста є:

- реконструкція або реставрація пам’яток архітектури;
- збільшення площі природно-ландшафтних територій ;
- реорганізація кварталів зі зношеною та малоцінною забудовою.

У зв’язку з тим, що кожна конкретна ділянка території має свої особливості, можна виділити п’ять шляхів організації архітектурно-ландшафтного середовища в історичному центрі міста:

1. Точне копіювання існуючої забудови при формуванні архітектурної складової архітектурно-ландшафтного середовища, під час проектування природно-ландшафтних просторів шляхом використання лише характерного для даного міста методу композиційно-планувальної організації.

2. Збереження основних об’ємно-просторових параметрів середовища (масштабу, колориту, пропорцій, композиційно-планувальної структури забудови та ландшафту, стилістики архітектури) із застосуванням сучасних матеріалів та конструкцій. Таким чином відбувається не точне копіювання, а

лише перенесення загального композиційно-пропорційного строю старих будівель на нові споруди.

3. Створення якісно нової композиційної структури на місці малоцінної чи зношеної забудови. Архітектурні об'єкти виконуються в сучасних формах та матеріалах, але з використанням елементів стилізації. Тобто проводяться паралелі між новою та старою забудовою – наприклад, у новобудовах використовуються стилізовані елементи ордерної системи чи інші деталі, що передають характер історичної забудови.

4. Формування середовища, нового за своєю структурною організацією та формотворенням архітектурних об'єктів, але тектонічно узгодженого з оточуючим середовищем (забудовою та відкритими просторами) в основних параметрах (висота, ширина тощо). Такий метод рекомендується для периферійних частин центрального планувального району, де переважає більш сучасна забудова.

5. Організація яскравого контрасту між історично сформованим середовищем та новостворюваним об'єктом. Таке рішення можливе в двох випадках. Перший – відсутність поблизу відведеної для будівництва природно-архітектурного комплексу ділянки цінних з архітектурно-художньої чи історико-культурної точки зору об'єктів. Другий варіант – контрастний до зовнішнього оточення об'єкт проектується в центрі великої за розмірами ділянки, а навколо нього знаходиться природно-ландшафтна зона. Тоді зелена смуга нівелює різкий контраст між новим архітектурним комплексом та оточенням.

Отже, історичне ядро міста Чернігова перебуває у незадовільному стані, а окремі його споруди є повністю втрачені. Експонування реліктів забудови центральної частини історичного міста може покращити стан культури в поселенні та сприяти його економічному розвитку. Проаналізувавши всі вище наведені принципи реновації, можна зробити висновок, що немає ідеального рішення для цілого середовища, тому потрібно використовувати комплекс принципів. Після проведення наукового обґрунтування доцільно використовувати один із принципів для кожного окремого об'єкту.

Список літератури

1. Рицарев К.В., Щенков А.С. Європейська реставраційна думка в 1940-1980-і роки: Посібник для вивчення теорії архітектурної реставрації. Вид. 2-е. - М.: КомКнига, 2010

2. Brandi C. Teoria de restauro. Torino. 1977

3. Dvorak M. Katechismus der Denkmalpflege. Wien, 1918

4. Perogalli C. Monumenti e metodi di valorizziazione. Saggi, storia e caratteri delle teoriche sul restauro in Italia, del medioevo ad oggi. Milano, 1954

5. Верменич Я.В., Теоретико-методологічні проблеми історичної урбаністики – Київ, ISSN 0130-5247. Укр. іст. журн., 2004

6. Сучасний підхід до реконструкції історичних міст [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Міжнародний культурний портал Експеремент – Режим доступу: http://md-eksperiment.org/etv_page.php?page_id=3287 (дата звернення 24.06.2019)

Рисунки

1. Лозовський Б.А. Абрис Чернігівський / Лозовський Б.А. // Український історичний журнал. - 1972. - № 5. - С. 108–111

2. Чернігів: місто і фортеця у XIV — XVIII століттях (2014) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. –Міжнародний ку льтурний портал Замки і фортеці України – Режим доступу: https://forum.zamki-kreposti.com.ua/topic/971-чернігів-місто-і-фортеця-у-xiv-—-xviii-століттях-2014/

3. New Access to Gironella's Historic Center / Carles Enrich]. – Електронні дані. –Міжнародний культурний портал World– Режим доступу: https://www.archdaily.com/776902/new-access-to-gironellas-historic-center-carles-enrich

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Artym I.
Assistant of the Department of Geology and Survey of Oil and Gas Deposits
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

INFLUENCE ESTIMATION OF ROCKS GRANULOMETRIC COMPOSITION ON THE FILTRATION-CAPACITIVE PROPERTIES OF THE PRE-CARPATHIAN FOREDEEP TERRIGENOUS RESERVOIR

Артим Інна Володимирівна
асистент кафедри геології та
розвідки нафтових і газових родовищ,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПОРІД НА ФІЛЬТРАЦІЙНО-ЄМНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРИГЕННИХ ВІДКЛАДІВ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

Summary. It is known that the main geological factors that determine the reservoir properties of the terrigenous rocks of the Pre-Carpathian foredeep are mineral composition, structural and texture features, and thermobaric factors. The mineral composition of the rock-forming minerals, the shape, the size of the fragmented grains and pores, their mutual placement, the type of fluid and the thermodynamic state determine the reservoir properties of terrigenous rocks. The best reservoirs are sandstones, compiled with larger and sorted grains. The increase of clay and carbonate material sharply worsens the reservoir properties of rocks. Sealing and secondary processes (sieving, calcifying, pyrolysis) negatively affect the reservoir properties of rocks, reduce their porosity and permeability.

Some dependencies were identified. These dependencies make it possible to predict the maximum porosity of sandstones, depending on their immersion in depth. The given porosity data of sandy-clayey rocks shows, that sorted quartz sandstones with insignificant contents of clayey and carbonate materials have greater intergranular porosity and permeability at great depths.

Аннотация. Установлено, что основными геологическими факторами, которые определяют коллекторные параметры терригенных пород Прикарпатского прогиба, есть их минеральный состав и структурно-текстурные особенности, а также термобарические условия. Минеральный состав породообразующих минералов, форма, размер обломочных зерен и пор, их взаимное размещение, тип флюида и термодинамическое состояние определяют емкостно-фильтрационные свойства терригенных пород. Лучшие коллекторные свойства имеют песчаники, которые сложены более крупными и отсортированными зернами. Увеличение содержимого глинистого и карбонатного материала резко ухудшает емкостно-фильтрационные свойства коллекторов. Уплотнение и вторичные процессы (окремнение, кальцинация, пиритизация) негативно влияют на коллекторные свойства пород, понижают их пористость и проницаемость.

Определены зависимости, которые дают возможность прогнозировать максимальную пористость песчаников при их погружении на глубине. Приведенные данные изменения пористости песчано-глинистых пород свидетельствуют, что на больших глубинах большую межгранулярную пористость и проницаемость имеют отсортированные кварцевые песчаники с незначительным содержимым глинистого и карбонатного материала.

Keywords: terrigenous reservoir, porosity, permeability, Pre-Carpathian foredeep, sandstone.

Ключевые слова: терригенный коллектор, пористость, проницаемость, Предкарпатский прогиб, песчаник.

Вступ. Необхідною умовою для збільшення видобутку нафти і газу є введення нових підходів до пошуку та розвідки родовищ, як вже існуючих, так і нових. Одним із шляхів вирішення цих задач є більш детальне вивчення шляхів та умов формування покладів нафти і газу в земній корі. Відомо, що на формування покладів у породах впливають фільтраційно-ємнісні властивості (ФЄВ) порід-колекторів. Тобто чим кращими є ФЄВ порід-колекторів, що вміщують поклади нафти і газу, тим рентабельнішими є свердловини.

Вирішення багатьох задач пошуку, розвідки і освоєння родовищ, оцінка перспектив нафтогазоносності та підрахунок запасів вуглеводнів неможливе без всебічного вивчення порід-колекторів і їх ФЄВ. Особливо актуально це є для тріщинуватих, кавернозних, тонкошаруватих, низькопористих та ін. колекторів, які характеризуються неоднорідністю мінерального складу, складною будовою порового простору, різнонапруженим механічним станом тощо. Результати досліджень свідчать, що ФЄВ таких порід-колекторів різко змінюються як по вертикалі,

так і по латералі під впливом седиментаційних, геотектонічних, геобаричних, геотермічних та низки інших геологічних чинників. Це, в свою чергу, визначає необхідність вивчення та дослідження впливу геологічних чинників на ФЄВ теригенних колекторів Передкарпатського прогину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час формування порід-колекторів у розрізах осадових товщ нафтогазоносних провінцій світу важливу роль відіграють геодинамічні процеси, тобто об'єднані в часі та просторі процеси деформування гірських порід, які впливають не тільки на їх деформацію та створення структурних форм-пасток, але й на їх колекторські властивості. Характерною особливістю поширення по площі великих родовищ є їх приуроченість до тектонічних вузлів, особливо до зон перетину розломів. Зокрема, вивчення просторового розміщення запасів нафти і газу в Передкарпатському прогині показало, що їх максимальні концентрації приурочені до площ, прилеглих до трьох найбільших тектонічних вузлів, з якими пов'язані Долинське, Битків-Бабченське і Бориславське родовища [1-4].

На характер формування порід-колекторів та їх ємнісно-фільтраційних властивостей впливали швидкості осадонагромадження в осадових басейнах. Якщо брати до уваги загальну товщину горизонтів відкладів, то згідно із Геохронологічною шкалою, найшвидше нагромаджувалися осади в сарматський вік у Передкарпатському прогині (0,60-1,60 мм/рік). Осадонагромадження в палеогенових відкладах у Внутрішній зоні Передкарпатського прогину відбувалося з швидкістю 0,01-0,12 мм/рік. Залежно від тектонічних особливостей розвитку у кожній провінції ці процеси катагенетичних змін порід-колекторів відбувалися з різною інтенсивністю і направленістю.

На властивості природних резервуарів, окрім седиментаційних параметрів (особливості текстури, гранулометричного і мінералогічного складу зерен, кількості та складу цементу) значно впливають подальші перетворення порід, зокрема вторинні мінерали, що формуються в поровому просторі на стадії діагенезу.

Найважливішим параметром колекторів є пористість, яка забезпечує необхідну ємність покладу для нафти і газу. Згідно з експериментальними і теоретичними даними, величина пористості теригенних відкладів залежить від форми і величини зерен породи, ступеня їх відсортованості, цементації та ущільнення. Точно оцінити вплив форми і розміру уламкових зерен на величину пористості гірських порід досить важко, так як вони складені різними за формою частинками. Експериментальні модельні дослідження показують, що між пористістю порід і формою їх зерен спостерігається певний зв'язок. Якщо породи складені частинками однакового розміру, то найменша пористість характерна для порід з окатаними зернами, а найбільша – з кутастими і плоскими частинками [5]. Припускають, що неокатані кутасті уламки при седиментації сприятливіші для підвищення пористості осадів.

Одним з найважливіших петрофізичних параметрів порід-колекторів у нафтопромисловій геології є проникність, що характеризує їх здатність пропускати через себе рідини і газ. На проникність порід впливають мінеральний склад і тип цементувального матеріалу. Коефіцієнт проникності кварцових пісковиків, зцементованих мінералами групи монтморилоніту, і деградованих слюд, які мають велику здатність до набухання, набагато нижчий, ніж у випадку з каолінітовим цементом. А. М. Цвєткова [6] експериментально довела, що суміш із 90 % кварцового піску і 10 % монтморилонітових глин має проникність 228,5 10^{-15} м^2. Такий же пісок з добавкою 10 % поліміктових глин має проникність 1187 10^{-15} м^2, а з добавкою 10 % каолінітових глин – 2304 10^{-15} м^2. Структурний тип цементації впливає як на величину проникності, так і на кількісне співвідношення між величинами коефіцієнтів проникності і пористості. Меншу проникність мають пісковики з базальним типом цементації і порівняно більшу – з поровим типом [7]. Криві залежності $\lg K_{пр}=f(K_п)$ для колекторів з базальним типом цементації розміщуються нижче і з меншим кутовим коефіцієнтом, ніж криві залежності для колекторів з поровим, плівковим і регенераційним кварцовим типами цементації [7].

Певне уявлення про вплив структуроформувальних факторів на ФЄВ гранулярних порід-колекторів можна отримати у результаті дослідження штучно сформованих зразків порід [8]. Зразки складені зернами діаметром від 0,177 до 0,707 мм і глинистим матеріалом, вміст якого становив 1-15 г на 50 г зразка. Пористість сформованих зразків змінювалася від 10,1 % до 31 %, а проникність – від $0{,}14\cdot10^{-15}$ м^2 до $180\cdot10^{-15}$ м^2. Найбільше на пористість таких зразків впливає коефіцієнт відсортованості і середній розмір зерен. Погіршення відсортованості піщаних зерен зменшує пористість зразків. При зменшенні середнього значення діаметрів зерен пористість зразка зростає із збільшенням відсортованості зерен. Меншою мірою на пористості зразка відображається вміст глинистого матеріалу.

Проникність штучних зразків визначається, в основному, середнім радіусом пор $R_п$. Коефіцієнт кореляції між параметрами $\lg K_{пр}$ і $R_п$ становить 0,94. Спостерігається також зв'язок між параметрами $\lg K_{пр}$ і $K_п$ (r = 0,69). На проникність більш помітно впливає кількість глинистого матеріалу. Коефіцієнт кореляції між параметрами $\lg K_{пр}$ і $C_{гл}$ рівний -0,65. Розмір зерен майже не впливає на коефіцієнт проникності, а їхнє сортування значно покращує фільтраційні параметри зразка. Це дає підстави стверджувати, що на величину проникності визначальний вплив має структура порового простору, а не розміри пор.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Хоча дослідженню порід-колекторів надавалася належна увага, проте системного вивчення впливу літолого-структурних особливостей на колекторські і фізичні властивості піщано-алевритових порід фактично не проводилося. Тому **метою статті** є оцінка впливу літолого-структурних особливостей порід на їхні петрофізичні параметри. Дана задача вирішувалася нами на основі системного аналізу.

Виклад основного матеріалу. Вплив основних структуроформуючих факторів на колекторські і фізичні властивості гранулярних порід вивчалися на штучносформованих зцементованих середовищах і на зразках керна з піщано-алевритових відкладів продуктивних товщ Передкарпатського прогину.

На рисунках 1-3 показано характер впливу гранулометричного складу порід на фільтраційно-ємнісні параметри теригенних сарматських відкладів Крукеницької западини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину. На ФЄВ піщано-алевритових порід сарматських відкладів найбільшою мірою впливає цементація глинисто-розчинною фракцією. Вміст глинистих частинок $С_{гл}$ і карбонатності *С* призводить до зменшення пористості $К_п$. Зв'язок параметра $К_п$ з глинисто-розчинною фракцією лінійний $К_п = 32,56-0,73(С_{гл}+С)$. Коефіцієнт кореляції між параметрами $К_п$ і $(С_{гл}+С)$ рівний -0,75, причому карбонатність більш різко понижує коефіцієнт пористості (r= 0,66). Як видно з рисунку, вплив глинисто-розчинної фракції чіткіше проявляється у породах, які залягають на менших глибинах і перебувають на початкових стадіях катагенезу. Для піщано-алевритових порід сармату, залеглих на глибинах понад 3000 м, зв'язок пористості з фактором цементації виражений слабше.

На формування порового простору порід впливає відсортованість кластичних зерен. Піщано-алевритовим породам, складеним з краще відсортованих зерен, властива більша відкрита пористість. Причому, вплив коефіцієнта асиметрії розподілу діаметрів зерен на ємність піщано-алевритових порід непомітний. Діаметр зерен слабо впливає на пористість порід. Зв'язок коефіцієнта пористості з середнім діаметром зерен нелінійний. Зі збільшенням медіанного діаметра кластичних зерен до 0,15 мм пористість дещо зростає, а при подальшому збільшенні *Д*, пористість понижується. Вплив медіанного діаметра зерен на ємність чіткіше проявляється для піщано-алевритових порід, які зазнали суттєвих катагенетичних змін.

Найтісніший зв'язок коефіцієнта пористості з коефіцієнтом відсортованості і медіанним діаметром зерен спостерігається для менілітових відкладів Передкарпатського прогину. Так, коефіцієнт кореляції між параметрами $К_п$ і S_0 для пісковиків Долинської і Танявської площ становить -0,87, а між $К_п$ і Д -0,76. Так само на ємність порід впливає фактор цементації. Коефіцієнт кореляції між пористістю та вмістом карбонатного цементу і глинистої фракції становить -0,75 і -0,74 відповідно.

На коефіцієнт водопроникності значно впливає хімічний склад води і твердої фази породи, який визначає товщину плівки зв'язаної води. Якщо в дифузних порах переважають іони натрію, то породи містять багато зв'язаної води і водопроникність мінімальна. При кальцієвих дифузних шарах набухання глинистої фракції менше, і тому проникність більша.

Характер впливу медіанного діаметра зерен найчіткіше проявляється для піщано-глинистих порід сармату Передкарпатського прогину, які залягають на малих глибинах.

Зв'язок проникності з медіанним діаметром нелінійний. Для порід, які перебувають в зоні початкового катагенезу (до глибини 2200 м), залежність коефіцієнта проникності від величини медіанного діаметра апроксимується рівнянням:

$$lgК_{пр} = 21,663 Д + 0,069 r = 0,67$$

Швидкість зростання проникності зі збільшенням медіанного діаметра неоднакова. Це пов'язано з ідентичним зростанням пористості з різною формою і звивистістю порових каналів, мінеральним складом цементного матеріалу. Зі збільшенням глибини такий зв'язок слабшає. Більшою мірою на проникність піщано-алевритових порід впливає сортування кластичних зерен. Коефіцієнт проникності різко зменшується з погіршенням ступеня відсортованості зерен породи. Зв'язок проникності порід з коефіцієнтом асиметрії практично відсутній.

Результати спільного аналізу даних ФЄВ і гранулометрії свідчать, що на проникність більшою мірою впливає діаметр кластичних зерен, а на пористість – їх сортування.

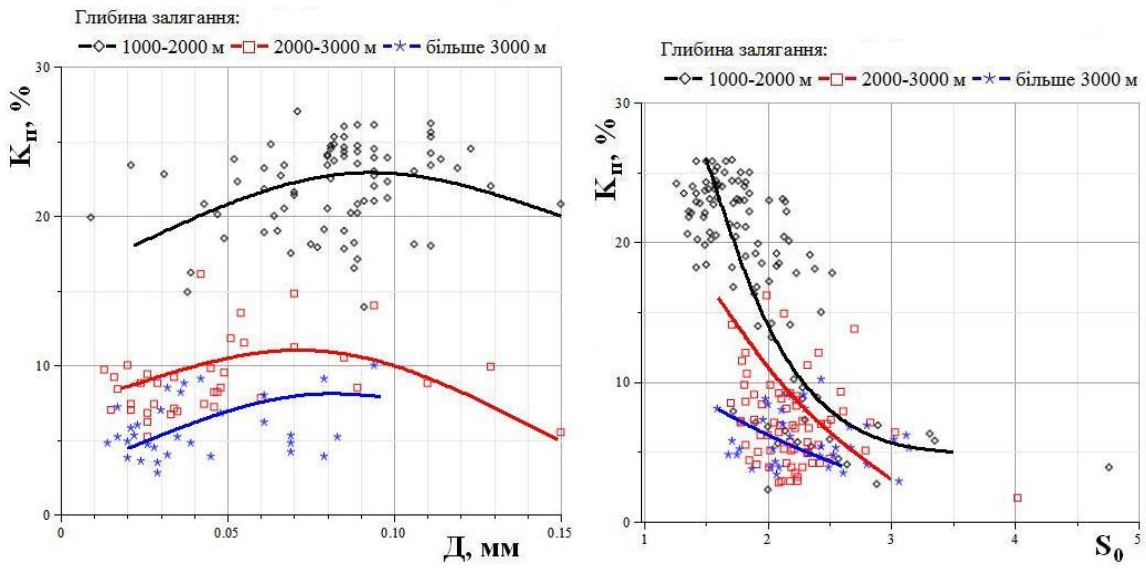
Висновки. Встановлені залежності дають змогу прогнозувати максимальну пористість пісковиків при їхньому зануренні на глибині. Наведені дані зміни пористості піщано-глинистих порід свідчать, що на великих глибинах більшу міжгранулярну пористість і проникність мають відсортовані кварцові пісковики з незначним вмістом глинистого і карбонатного матеріалу. Різниця у величинах коефіцієнтів необоротного ущільнення пісковиків і глинистих порід пояснюється, в основному, різним темпом зростання температури з глибиною геологічного розрізу, яка значною мірою впливає на інтенсивність катагенетичних перетворень в породах.

Таким чином, основними геологічними чинниками, які визначають колекторські параметри теригенних порід, є їхній мінеральний склад і структурно-текстурні особливості, а також термобаричні умови, в яких вони перебувають. Мінеральний склад породотвірних мінералів, форма, розмір уламкових зерен і пор, їх взаємне розміщення, тип флюїду і термодинамічний стан визначають ємнісно-фільтраційні властивості теригенних порід. Кращі колекторські властивості мають пісковики, складені більш крупними і відсортованими зернами. Збільшення вмісту

глинистого і карбонатного матеріалу різко погіршує ФЄВ порід-колекторів. Ущільнення і вторинні процеси (скременіння, кальцитоутворення, піритизація) негативно впливають на колекторські властивості порід, понижують їхню пористість і проникність.

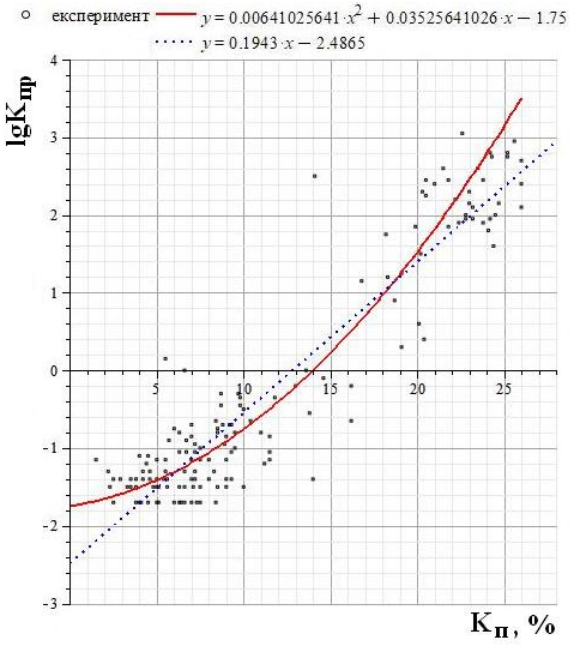
Список використаних джерел

1. Бойко Г.Е. Прогнозирование нефтегазоносности по генетическим показателям. – К.: Наук. думка, 1982. – 252 с.
2. Бойко Г.Е. Тектоногенез и нефтегазоносность осадочных бассейнов. – К.: Наук. думка, 1989. – 204 с.
3. Бойко Г.Е., Аникееев С.Г. Структура Карпатского поднадвига / по данным решения обратной гравиметрической задачи // Тектоника и нефтегазоносность поднадвиговых зон. - М.: Наука, 1990. – С. 35-41.
4. Маєвський Б.Й., Окрепкий І.Р. Перспективні зони глибинного нафтогазонагромадження в Передкарпатському прогині // Нафтова і газова промисловість. – 1997. – № 1. – С. 7-10.
5. Кобранова В. Н. Петрофизика: Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. – 392 с.
6. Цветкова М. А. К методике определения эффективной пористости пород-колекторов с помощью окрашеной бекелитовой смолы. В сб. «Методика исследования поровых коллекторов» Тр. Всесоюз. научно-ислед. гел. развед. нфт. ин-та, 1954.
7. Карпов П.А. Основные закономерности и природа изменения коллекторов нефтегазоносных отложений девона Волгоградской области: автореферат дис. докт. геол.-минер. наук / Карпов П. А. Саратов, 1969. - 39 с.
8. Башкиров Г.А. К вопросу о влиянии структуроформирующих факторов (гранулометрический состав, цементация и уплотнение) на некоторые петрофизические параметры // Геофизическая диагностика нефтегазоносных и угленосных разрезов: Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1989. – С. 92-102.

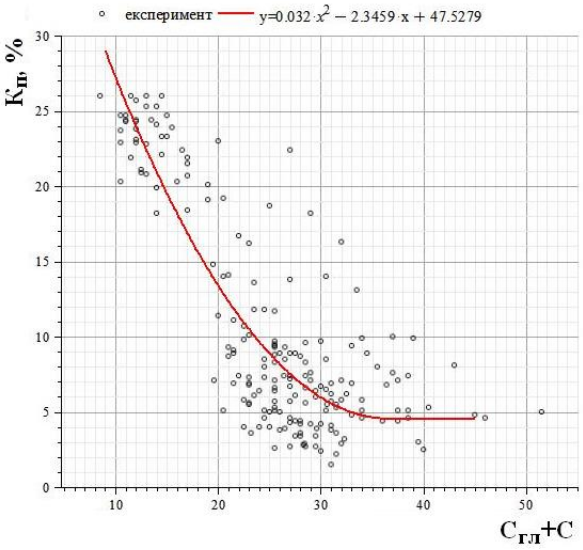


а *б*

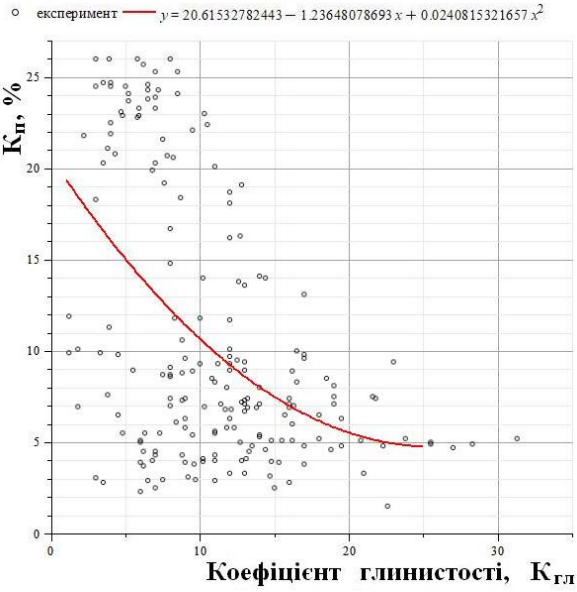
Рис. 1. Залежність пористості піщано-алевритових порід сарматських відкладів Передкарпатського прогину від глибини залягання і
а) медіанного радіусу кластичнихзерен;
б) відсортованості кластичнихзерен.



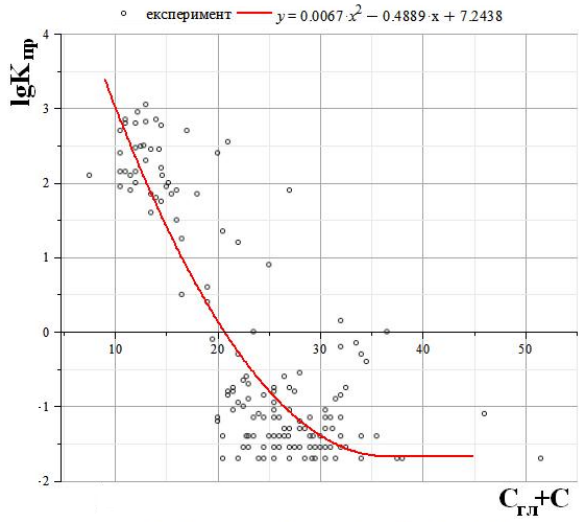
а



б

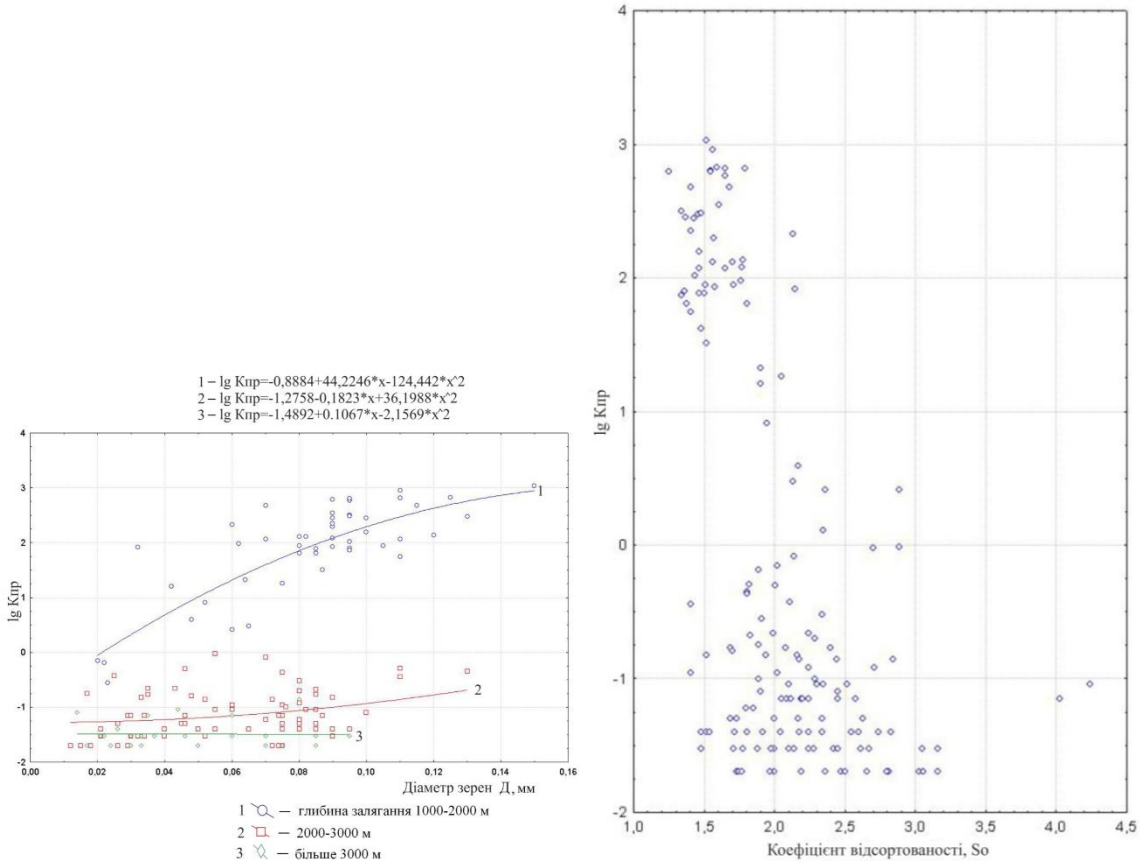


в



г

Рис. 2. Залежності петрофізичних і гранулометричних параметрів піщано-алевритових порід сарматських відкладів Передкарпатського прогину:
а – проникності від пористості; б – пористості від глинистості і карбонатності;
в – пористості від коефіцієнта глинистості; г – проникності від глинистості і карбонатності.



а *б*

Рис. 3. Залежність коефіцієнта проникності від:
а – діаметра зерен;
б – коефіцієнта відсортованості.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Цгоев Т.Ф.
кандидат технических наук, доцент кафедры
Техносферной безопасности
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет)

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В РОССИИ НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО РЕГИОНА

Tsgoev T. F.
candidate of technical Sciences, associate Professor
Technosphere safety
North Caucasus mining and metallurgical Institute
(state technological University)

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF ECONOMIC METHODS OF ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT IN RUSSIA ON THE EXAMPLE OF ONE REGION

Аннотация. Приведены экономические методы управления охраной окружающей среды и рациональным природопользованием. Перечислены преимущества перед другими методами управления экологической безопасностью. Проанализированы неэффективность системы платежей за загрязнение компонентов окружающей среды. Акцентировано внимание на бессистемность финансирования природоохранных программ, неопределенность прав собственности на природные ресурсы и т. д. В заключение предложены меры по усовершенствованию экономических методов управления экологической безопасностью.

Annotation. Economic methods of management of environmental protection and environmental management are given. Advantages over other methods of environmental safety management are listed. The inefficiency of the system of payments for pollution of environmental components is analyzed. The attention is focused on unsystematic financing for environmental programmes, uncertainty of property rights on natural resources etc. In conclusion, the proposed measures for improvement of economic methods of environmental control.

Ключевые слова: экономический механизм, платежи, гранты, субсидии, налоговые льготы, финансирование

Keywords: economic mechanism, payments, grants, subsidies, tax benefits, financing

Механизм экологического менеджмента представляет собой совокупность рычагов воздействия на хозяйствующих субъектов для учета экологических факторов на всех стадиях деятельности.

Данный механизм включает правовой, административно-контрольный, экономический, социальный и информационный методы.

При рыночных методах управления экономикой первостепенное значение имеет экономический механизм управления охраной ОПС и природопользованием объединяет формы стимулирования природоохранной деятельности предприятий на основе экономической целесообразности. К данной группе методов обычно относят [7, с. 44]:

1. Платежи за загрязнение ОПС и природопользование.
2. Экологическое страхование.
3. Экологический маркетинг.
4. Экологические налоговые льготы.
5. Экологическая финансово-кредитная система.
6. Экологическая система ценообразования
7. Экологические инвестиции.
8. Поддержка предприятий, производящих природоохранное оборудование и другие (рис. 1).

Рис. 1. Совокупность экономических методов управления в области природопользования

Экономические инструменты имеют следующие преимущества перед другими методами управления экологической безопасностью:

– высокая эффективность с точки зрения экономии экологических затрат;

– способность вырабатывать устойчивые стимулы к сокращению загрязнения среды, тем самым и к научно-техническим инновациям;

– усиливает гибкость механизма экологического управления в целом, обеспечивают условия для самостоятельного определения предприятиями стратегии природоохранной деятельности;

– способствует через механизм рыночного ценообразования сохранению дефицитных природных ресурсов для будущих поколений;

– обеспечивают природоохранную деятельность необходимыми источниками финансирования.

В настоящее время наиболее существенным и действенным из них является платежи за загрязнение атмосферы, гидросферы и размещение отходов и платежи за возмещение вреда, нанесенного атмосфере, гидросфере и почве, а также плата за природные ресурсы.

Особого рассмотрения заслуживает существующая система платежей за загрязнение окружающей природной среды, которая является формой компенсации ущерба, наносимого хозяйствующим субъектом окружающей среде.

Правовая база экономического регулирования негативного воздействия на окружающую среду впервые начала формироваться в 1991 г. С тех пор вносились изменения в порядок взимания и нормативы платежей за негативное воздействие на окружающую среду (в дальнейшем - НВОС)

В настоящее время действует порядок взимания платы за НВОС, которым утверждаются нормативы платежей за:

– выбросы, сбросы загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов;

– выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в пределах установленных лимитов.

К нормативам платы установлены повышающие коэффициенты, учитывающие экологические факторы (состояние атмосферного воздуха, почв, водных объектов, а также для особо охраняемых территорий).

Действующий механизм расчета платы можно выразить следующими формулами [2, с. 226]:

$$П_{атм} = \sum_{i=1}^{n} \left[\begin{matrix} Н_{нi\ атм} \cdot М_{нi\ атм} + 5 \cdot Н_{нi\ атм} \cdot (М_{лi\ атм} - М_{нi\ атм}) + \\ +25 \cdot Н_{н\ атм} \cdot (М_{фi\ атм} - М_{лi\ атм}) \end{matrix} \right] \cdot К_{э\ атм} \cdot К_{инд}$$

$$П_{вод} = \sum_{i=1}^{n} \left[\begin{matrix} Н_{нi\ вод} \cdot М_{нi\ вод} + 5 \cdot Н_{нi\ вод} \cdot (М_{лi\ вод} - М_{нi\ вод}) + \\ +25 \cdot Н_{н\ вод} \cdot (М_{фi\ вод} - М_{лi\ вод}) \end{matrix} \right] \cdot К_{э\ вод} \cdot К_{инд}$$

$$П_{отх} = \sum_{i=1}^{n} \left[Н_{лi\ отх} \cdot М_{лi\ отх} + 5 \cdot Н_{лi\ отх} \cdot (М_{фi\ отх} - М_{лi\ отх}) \right] \cdot К_{э\ поч} \cdot К_{инд}$$

где: $П_{атм}$, $П_{вод}$, $П_{отх}$ – размер платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов, руб;

í – вид загрязняющего вещества (í = 1, 2, 3,….n);

$Н_{нi\ атм}$, $Н_{нi\ вод}$ – ставки платы за выброс, сброс1 тонны í – го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов, сбросов, руб.;

$Н_{лi\ атм}$, $Н_{лi\ вод}$, $Н_{лi\ отх}$ – ставки платы за выброс, сброс 1 тонны í–го загрязняющего вещества и за размещение 1 тонны í–го вида отхода в пределах установленных лимитов;

$К_{эр}$, $К_{эв}$, $К_{поч}$ – коэффициенты, учитывающие состояние атмосферного воздуха, почвы и водных объектов по территориям и бассейнам морей и рек;

$К_{инд}$ – коэффициент индексации

$М_{нi\ атм}$, $М_{нi\ вод}$, $М_{лi\ атм}$, $М_{лi\ вод}$, $М_{лi\ отх}$ $М_{i\ атм}$, $М_{i\ вод}$, $М_{i\ отх}$ – выброс, сброс í – го загрязняющего вещества и размещение í – го вида отхода соответственно в пределах допустимых нормативов, установленных лимитов и фактический выброс, сброс и фактическое размещение отходов, тонн.

Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов осуществляются за счет себестоимости продукции (работ, услуг), а за их превышение — за счет прибыли, остающейся в распоряжении предприятия.

Данная система экономического регулирования природоохранной деятельности отчасти решает экологические проблемы, но имеет ряд существенных недостатков.

Главный из них – уровень платежей. Плата за НВОС настолько мала, что предприятиям гораздо выгоднее вносит плату и загрязнять окружающую среду и не вкладывать средства в природоохранные мероприятия. Так, например, платежи ОАО «Победит» в Республике Северная Осетия-Алания (РСО-Алания) за год составляют порядка 400 тыс. руб., а на природоохранные мероприятия требуется более14 млн. руб. Сопоставимость в этом случае составляет 0,4 к 14. Естественно, при таком положении можно 35 лет ничего не делать и платить ежегодно свои 0,4 млн. руб., загрязняя сначала р. Камбилеевка, потом в р.Терек.

Такая же ситуация и на других предприятиях РСО-Алания. На осуществление работ по очистке сточных вод на спиртовых производствах необходимы от 7- на ОАО «Исток» до 53млн. руб. на ОАО «Фаюр-Союз», а платежи по этой позиции составляют соответственно от 100 до 700 тыс.руб.. Еще хуже положение с очистными сооружениями коммунальных сточных вод в республике. Из девяти городских коммунальных очистных сооружений только одни эксплуатируются в соответствии с проектными показателями, на остальных биологическая очистка сточных вод осуществляется неэффективно.

Плата за выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в РСО-Алания осуществляется в основном по расходу топлива. Учет же расходуемого топлива практически осуществляется субъективно. Системой не учитывается автотранспорт индивидуального пользования, эксплуатируемого в коммерческих целях. В связи с этим за последнее десятилетие на действующем автотранспорте практически не выполняются мероприятия по снижению выбросов.

Такое положение необходимо рассматривать как деформацию нормального рыночного механизма, в результате которой происходит скрытое субсидирование загрязнений за счет экономии на затратах по предотвращению загрязнений.

Системой не учитываются также особенности горных территорий (к ним относится 65% общей площади территории РСО-Алания) с наличием безветрия или слабых ветров, снижающие рассеивание вредных примесей в атмосфере и способствующие накоплению их в приземном слое. Соответственно загрязняется и гидросфера, и литосфера.

Практика применения действующей системы в РСО-Алания платы за загрязнение кроме того показывает следующие ее недостатки [6, с. 98]:

1. Нормативы платы за загрязнение установлены не на все загрязняющие вещества, образующиеся на предприятиях.

2. Многие предприятия (особенно небольшие) обладают слабой материальной базой мониторинга выбросов и сбросов загрязняющих веществ, поэтому плата за загрязнение является заниженной даже по тем веществам и ингредиентам, для которых имеются нормативы платы.

3. В действующей системе платы за загрязнение недостаточно учтен фактор изменения стоимостных и ценовых пропорций в период 1992—1998 гг. Коэффициенты индексации платы за загрязнение не сопоставимы с фактическими темпами роста инфляции, поэтому аккумулируемые за счет нее средства быстро обесцениваются. Для сравнения, в Польше

нормативы платы за загрязнение в 10-100 раз выше, а в Швеции, где плата за загрязнение взимается лишь по трем веществам (CO, SO_2, NO_x), размер собираемых средств составляет около 1% внутреннего валового продукта.

4. Текущая ситуация неплатежей приводит к трудностям в сборе денег, т.е. на систему платы за загрязнение оказывают влияние конкретные проблемы переходной экономики.

5. Системой платы не охвачены некоторые распространенные виды негативного воздействия на окружающую среду (бактериологическое, шумовое, радиационное и др.).

Такая же ситуация и с использованием природных ресурсов. Неэффективность рынка, государства и институтов существенно искажает цены на природные ресурсы в стране в сторону их занижения, что создает избыточный спрос, увеличивает эксплуатацию и ускоряет деградацию и исчерпание ресурсов. Это касается и РСО-Алания. К примеру, республика обладает значительными ресурсами нерудных стройматериалов, которые зачастую разрабатываются бессистемно и плата от их добычи не соответствует объемам получаемого сырья.

Это же касается платежей за пользование лесным фондом, платежей за пользование водными объектами, платежей за право пользования объектами животного мира и земельного налога.

Следует отметить недостаточность и бессистемность финансирования природоохранных программ. Действующие методы финансирования мероприятий по охране окружающей среды в РСО-Алания в основном направлены на использование капитала самих предприятий и частично регионального бюджета. Следует отметить, что при существовании экологического фонда, куда направлялись суммы платежей за загрязнение финансирование природоохранных мероприятий была более действенной.

Несовершенство системы экологического страхования. Несовершенна структура Закона «Об охране окружающей природной среды», где слишком узко представлена система экологического страхования (ст. 18). Нет четкого разграничения по добровольному и обязательному видам экологического страхования. Не развиты тарифы экологического страхования и нормативно-законодательной базы их регулирования. В РСО-Алания практически не действует механизм экологического страхования. Причинами этого могут быть отсутствие механизма обязательного экологического страхования. А это возможно только при условии принятия основополагающего законодательного акта, который регламентировал бы основные действия и процессы, связанные с обязательным экологическим страхованием.

Основными же стимулами добровольного страхования экологических рисков являются льготы для страхователя в виде отнесения (полного или частичного) страховых взносов на себестоимость продукции (работ, услуг). Действующее же Положение о составе затрат по производству и реализации продукции (работ, услуг), включаемых в себестоимость позволяет относить на нее лишь очень малую часть дохода от реализации продукции (работ, услуг), что не стимулирует природопользователя к добровольному экологическому страхованию.

С целью усовершенствования экономических методов управления экологической безопасностью (в первую очередь управления платежами) предлагаются следующие меры:

1. К объектам налогообложения за НВОС добавить возмещение ущерба за производимые шум, вибрацию, электромагнитные, радиационные и иные виды физического НВОС, а также экологически опасную продукцию. Усовершенствовать механизм платы за НВОС транспортом всех видов пользования.

2. Необходимо внести изменения в Порядок определения платы и ее предельных размеров за НВОС. Нормативы платежей устанавливать в величинах вынуждающие предприятия осуществлять природоохранные мероприятия и не представляющих опасности для здоровья человека, сохранения генетического фонда, растительного и животного мира.

3. К повышающим коэффициентам, учитывающим экологические факторы добавить факт нахождения хозяйствующего субъекта на горных территориях.

4. Платежи взимать в Целевой Экологический Фонд (которого необходимо воссоздать вновь) с целью оперативного и эффективного решения экологических проблем.

5. Все принимаемые экономические решения должны обладать высокой степенью экологической надежности и безопасности. Очевидно, что в условиях конкуренции, массовых банкротств, ужесточения финансовой ситуации для предприятий одной из первых жертв борьбы за выживание является природа. Предприятия стремятся всячески экономить на природоохранных мерах, приобретении экологического оборудования, так как экологические затраты не увеличивают выпуск основной производственной продукции. Скрываются выбросы и сбросы загрязняющих веществ, захоронения отходов, для того чтобы избежать платы за них, штрафов и т.д.

6. Создание эффективного функционирования механизма реализации инвестиционных проектов природопользования требует решения основных проблем в организации достаточного уровня инвестиционных вложений в проекты природопользования и разработки методологии оценки эффективности вложений в инвестиционные проекты природопользования. Управление инвестиционным процессом в рамках реализации данных задач должен включать в себя мониторинг, оценку и контроль системы профилирующих показателей окупаемости, выработку стратегии принятия управленческих решений, позволяющих наилучшим образом

достичь поставленные цели, приоритетными из которых является оптимизация финансовых источников, достигаемая на основе сбалансированного сочетания критериев экономической, экологической и социальной эффективности.

7. Целесообразно при выборе отечественной концепции платного природопользования отдать предпочтение системе компенсационных неналоговых платежей, имеющих целевой характер. Для успешной ее реализации необходимо решить ряд задач:

– во-первых, обеспечить приоритет экологических потребностей общества над экономическими интересами хозяйствующих субъектов и значительно повысить доходы государства от рационального использования природного потенциала. При этом важно учитывать показатели бюджетной эффективности природоресурсных платежей для федерального, регионального и местного бюджетов;

– во-вторых, обеспечить реализацию и сочетание фискальной и регулирующей функций указанных платежей в процессе использования природных ресурсов, а также справедливое распределение налогового бремени в соответствующих отраслях для поддержания обоснованного уровня их эксплуатации;

– в-третьих, обеспечить устойчивое и безопасное развитие Российской Федерации.

8. В*ввести обязательное экологическое страхование* на предприятиях, которые не осуществляют природоохранных мероприятий, нанося ущерб окружающей природной среде для формирования целостной системы стимулирования. Роль экологического фонда в предлагаемой системе обязательного экологического страхования сводится к перестрахованию крупных экологических рисков повышая, таким образом, стабильность системы экологического страхования в регионе. Обязательное страхование ответственности за экологический ущерб необходимо потому, что иногда ущерб, нанесенный ОС небольшой фирмой, может превысить совокупный капитал этой фирмы, и она окажется не в состоянии выплатить компенсацию пострадавшим по ее вине. Учитывая возможность таких ситуаций, законодательные органы могут принимать решения о создании системы обязательного страхования на случай такой ответственности. Кроме того, это позволяет оградить от ущерба пострадавших, которые могли бы не получить компенсации

9. *Необходимо также вводить процедуру страхования от постепенного загрязнения*. Традиционное страхование понимается как система мер по защите от ущерба, причиняемого особыми событиями внезапного, непредсказуемого и непреднамеренного характера. Под это определение, однако, не подпадает современное загрязнение ОС (исключая случаи взрыва и пожара), которое наносит ущерб ОС постепенно, с течением времени. Это, например, длительная утечка вредных веществ, продолжающаяся, годами и даже десятилетиями, либо выбросы ЗВ, неизбежно связанные с определенными видами хозяйственной деятельности.

Список литературы

1. Вагин В.С., Цгоев Т.Ф., Жуков Н.Р., Цогоев Т.Х. Основные проблемы обеспечения экологической безопасности в РСО-Алания. В тезисах докладов участников III-й международной конференции «Устойчивое развитие горных территорий». – Владикавказ: Издательство «Иристон». 1998. с.126-129.

2. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Ильина М.Е. Экологический ме-неджмент: Учебное пособие для высшей школы. – М.: Академический Проект, 2005. — 320 с.7. Интернересурсы.

3. Цгоев Т.Ф. Эффективность действующей системы платы за нега-тивное воздействие на окружающую среду в оздоровлении экологической обстановки региона. В материалах 6-й Международной конференции» Ин-новационные технологии для устойчивого развития горных территорий. – Владикавказ: Издательство «Терек» СКГМИ (ГТУ). 2007. С. 594-595.

4. Цгоев Т.Ф., Базаева З.Т. Экономические методы регулирования качества водных ресурсов. В сборнике статей Международной научно-практической конференции «Научные основы охраны окружающей среды». – Пенза: РИО ПГСХА. 2011. С.74-79.

5. Цгоев Т.Ф., Теблоев Р.А. Организация системы экологического менеджмента на предприятиях РСО-Алания. В сборнике статей XIII -й Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь» Общества знаний России, МАНЭБ, и Пензенского филиала РСГУ. – Пенза: Издательство АНОО «Приволжский дом знаний». 2007. С. 21-23

6. Цгоев Т.Ф., Теблоев Р.А. Экономические методы регулирования качеством атмосферного воздуха. В вестнике Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности том 16, №2 – СПб и Владикавказ: Издательско-полиграфический отдел СОИГСИ им. В.И.Абаева ВНЦ РАН и Правительства РСО-А. 2011. С. 96-99.

7. Цгоев Т.Ф., Теблоев Р.А. Экономические методы управления экологической безопасностью в России. Преимущества и недостатки. Предложения по усовершенствованию. В сборнике материалов III Международной научно-практической конференции «Проблемы современной экономики и менеджмента». – Новосибирск. 2018. С 44-54.

8. Цгоев Т.Ф., Цогоев Т.Х. Решение проблемы спиртпроизводящей отрасли республики в соблюдении природоохранного законодательства. В трудах Северо-Кавказского горно-металлургического института (государственного технологического университета). Выпуск пятнадцатый. Изд-во СКГТУ «Терек». – Владикавказ. 2008. С. 279-285.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Popova E.P.
PhD student, Department of Radioecology and Ecotoxicology,
Lomonosov Moscow State University

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE INFLOW OF ROOT EXUDATES AND ROOT LITTER OF SCOTS PINE (PÍNUS SYLVÉSTRIS) ON THE CS^{137} MIGRATION IN THE SOIL

Попова Евгения Павловна
Аспирант кафедры радиоэкологии
и экотоксикологии,
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И КОРНЕВОГО ОПАДА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ *(PÍNUS SYLVÉSTRIS)* НА МИГРАЦИЮ CS^{137} В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ

Summary. This study aims to determine the role of root exudates and root litter on the migration of Cs^{137} in soil. It was established that the influence of root systems on the migration of the studied radionuclide can exceed the influence of mechanical factors, such as ion diffusion in the soil. Root exudates are of the greatest importance for the migration of radionuclides, with them up to 5.52% of the radionuclide stock in the layer can be released. Root decay is able to exert less influence, providing release up to 1.1% of the reserve in the layer. In general, these indicators will vary significantly depending on the biomass of root systems and its distribution in the soil profile.

Аннотация. Данное исследование направлено на определение роли корневых выделений и корневого опада на миграцию Cs^{137} в почве. Установлено, что влияние корневых систем на миграцию исследуемого радионуклида может превышать влияние механических факторов, таких как диффузия ионов в почве. Наибольшее значение для миграции радионуклидов имеют корневые выделения, с ними может высвобождаться до 5,52% от запаса радионуклида в слое. Меньшее влияние способен оказывать корневой опад, обеспечивающий высвобождение до 1,1% от запаса в слое. В целом данные показатели будут значительно варьировать в зависимости от запаса биомассы корневых систем и ее распределении в почвенномпрофиле.

Key words: Root exudates, root litter, Scots pine, Cs^{137}, radionuclide migration

Ключевые слова: Корневые выделения, корневой опад, сосна обыкновенная, Cs^{137}, миграция радионуклидов

Постановка проблемы: Радиоцезий (^{137}Cs) представляет собой техногенный радионуклид, появление которого в биосфере, определилось развитием атомной энергетики и ядерного вооружения во 2-й половине 20 века. Около 0,5% площади территории Российской Федерации в разные периоды было подвергнуто загрязнению радиоцезием, последствия чего создают неблагоприятную экологическую обстановку и в настоящее время. Вместе с тем, периодически происходящие аварии на объектах ядерно-топливного цикла обеспечивают пополнение пула ^{137}Cs в окружающей среде, делая непригодными для жизни человека все новые территории, и, в конечном счете, могут привести к тому, что именно радиоцезий будет являться основным дозообразующим радионуклидом.

Значимый интерес к указанной проблематике долгое время определялся необходимостью минимизации последствий поступление радионуклида в надземные экосистемы, вместе с тем новые происшествия на объектах ЯТЦ обуславливает необходимость формирования базы фактических данных об аккумуляции и потоках ^{137}Cs в различных биогеоценозах, для дальнейшего построения на их основе достоверных прогнозных моделей миграции радиоцезия.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ данных, представленных в разнообразных научных трудах показал существующие противоречия в оценках потоков и аккумуляции радиоцезия, а значимая вариация показателей накопления его, отмечалась даже в случае исследований одной и той же пары культура-почва [1], что и подтверждает необходимость дальнейших научных изысканий в данной области.

В свою очередь, причины указанных различий, вероятно, связаны с тем фактом, что миграция радиоцезия представляет собой сложный комплексный процесс, определяющийся совокупностью разнообразных факторов, включающих, как химические свойства и физико-химическое состояние радионуклида, так и характеристики экосистемы, как например, свойства почвы и условия ее увлажнения, рельеф, геологическими условиями и рядом других [2, 3, 4, 5]. Соответственно данный процесс может иметь свои особенности в каждой отдельной экосистеме и ведущими факторами миграции радионуклида

могут выступать самые разные факторы. Кроме того, миграционные процессы невозможно полноценно отразить одномоментно, поскольку они являются динамичными и значения потоков миграции могут существенно варьировать от года к году.

До последнего времени большинство авторов отмечали преобладающую роль диффузии [6] и конвективного переноса в миграции радиоцезия, возможно это связано с детальным изучением данных процессов, однако в природе расчетных уровней миграции, за счет действия данных факторов, не наблюдается.

Активное изучение вышеописанных механических и химических процессов, а также построение моделей миграции, значительно нивелировали в литературе роль биоты в миграции радионуклидов. В тоже время, ряд ученых изначально отмечали важность данного фактора, например, В.М. Прохоров отмечает, что что роль биологических агентов в миграции может не только быть с сравнима с ролью остальных потоков, но и превосходить их, однако сложность и вариабельность биологических систем, усложняет возможность параметризировать данное влияние [7].

В настоящее время, по прошествии более 30 лет после аварии на ЧАЭС, когда в почве достигнуто химическое равновесие между формами радиоцезия, именно биота может оказывать максимальное воздействие на переопределение радионуклида.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Особенно недооценена и интересна роль в миграции радионуклидов корней растений. Ежегодное отмирание корней растений достигает 30-40% прироста, а, следовательно, содержащиеся в них радионуклиды способны попадать в почву. В своей работе Konoplev и др. [8] производя оценку заглубления радиоцезия в результате аварийного выброса АС Факусима отмечают, что детектируемый уровень удельной активности радиоцезия в почве в лесных территориях находится на больших глубинах, нежели в травянистых экосистемах. Кроме того, имеется возможность миграции элементов, в том числе и радионуклидов по поверхности корней растений и с корневыми выделениями.

Формулирование целей статьи. Данное исследование ставило своей целью исследование влияния корневых выделений и корневого опада сосны обыкновенной *(Pínus sylvéstris)* на перераспределение Cs^{137} в почвенном профиле на примере соснового фитоценоза Красногорского района Брянской области.

Изложение основного материала.

Неоднократно отмечалось, что величина влияния корневых систем растений на миграцию радиоцезия в почвенном профиле зависит от конкретных свойств исследуемого фитоценоза: вида растений, возраста, условий произрастания. При этом для растений первого яруса видовая принадлежность может оказывать даже меньшее влияние нежели остальные факторы. Для разных периодов жизни растений характерно преобладание прироста различных корней (стержневых, горизонтальных и так далее). К примеру первые годы жизни саженца сосны обыкновенной предполагают развитие горизонтальных корней без значительного заглубления [9]. С другой стороны, отнесение корневой системы отдельного вида растений первого яруса к конкретному типу – стержневая или мочковатая (поверхностная), также является условным, поскольку для той же сосны обыкновенной, в зависимости от различных условий может быть характерна любая из названных корневых систем. Таким образом, провести оценку влияния корневых систем на перемещение радиоцезия в почвенном профиле в целом для всех видов и фитоценозов не представляется возможным, однако полученные данные позволяют сравнить данные значения для двух исследуемых фитоценозов, с использованием результатов модельных экспериментов, ранее проводимых исследований [10, 11, 12].

В последующих расчетах необходимо учитывать несколько допущений:

1) Используются обобщенные литературные данные о количестве биомассы корней, их приросте и отпаде [13];

2) Отпад в первую очередь представлен самой тонкой фракцией корней до 1 мм;

3) Оценка влияния самых тонких сосущих корней и корневых волосков, сроком жизни менее суток не производится, в силу невозможности;

4) При оценке влияния корневых выделений не учитывается варьирование данного фактора между растениями разного вида и возраста;

5) Масса отпада для каждого слоя определяется пропорционально на основании фактических данных полевых исследований по распространению корней в почвенном профиле.

Дополнительно необходимо отметить, что данная оценка не ставит своей целью получение абсолютного значения, в связи со сложностью объекта изучения, и служит в первую очередь для получения представления о возможной величине влияния и сравнения с другими способами миграции, используемыми в различных моделях миграции радиоцезия.

Имеющиеся литературные данные указывают, что ежегодный прирост соснового фитоценоза южной тайги составляет около 1,81т /га [13], соответственно корневой отпад составляет 0,54 т/га или 54 г/м^2. Для проведения расчетов необходимо учитывать распределение массы корневых систем по профилю. Полученные натурные данные указывают, на тот факт, что в случае исследуемого сосняка была сформирована поверхностная корневая система с незначительным заглублением корней, и сосредоточением всей основной биомассы корней в верхнем 30 см слое почвы, аналогичные примеры распространены в научной литературе [14].

Следует отметить, что данная работа определяет своей целью всесторонне оценить влияние корней растений, поэтому необходимо отметить, способы перемещения радиоцезия, основной - это его ежегодное высвобождение из корневой биомассы в составе отпада и корневых выделений. При этом возможность миграции высвободившегося радиоцезия дальше крайне лимитирована, за счет удерживающей способности почвы, что было отмечено в эксперименте с почвогрунтом. В данной ситуации правомерным будет считать моментом поступления радиоцезия в почвенный слой, поступление его в составе корневой биомассы ежегодного прироста.

Таблица 1.

ЕЖЕГОДНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ С ОПАДОМ КОРНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫХ СЛОЯХ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ИССЛЕДУЕМОГО ФИТОЦЕНОЗА

Глубина слоя почвы	Запасы ^{137}Cs в слое почвы, кБк/м^2	Запас биомассы в слое почвы, г/м2	Корневой опад, г/м2	Удельная активность ^{137}Cs в корнях кБк/кг	Запас ^{137}Cs в опаде кБк/м^2	Количество радиоцезия поступающего в почвенный слой за счет опада, % *
0-10 см	3663,9	2413	39,79	45,37	1,81	0,05
10-20см	710,6	535	8,82	46,84	0,41	0,06
20-30см	76,1	327	5,39	46,45	0,25	0,36

**Процент от запаса радионуклида в слое*

Данные Таблицы 1 показывают, что ежегодно за счет отмирания корней сосны обыкновенной в различные слои почвенного профиля поступает от 0,05% радиоцезия и данное значение с глубиной возрастает до 0,36% от общего запаса в слое. При этом корневые системы обладают высокой скоростью роста, а эксперимент с саженцами ели обыкновенной в грунте показал, что уже в течении первой недели радионуклид распространяется между всеми структурными компонентами, а значит, что моментом поступления ^{137}Cs в слой можно считать его поступление в составе ежегодного прироста. Количество радионуклида, поступающего в почвенный слой в составе ежегодно прироста больше чем в 3 раза превышает высвобождение с опадом (Таблица 2).

Как и в случае с отпадом, величина ежегодного вклада прироста корней в суммарную активность радиоцезия в почвенном слое возрастает с глубиной и для слоя 20-30 см достигает значения 1,1%. Очевидно, что данные значения нельзя считать постоянными и возможна некоторая вариация от года к году.

Таблица 2.

ЕЖЕГОДНОЕ ПОСТУПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ В СОСТАВЕ ПРИРОСТА КОРНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В РАЗЛИЧНЫЕ СЛОИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ИССЛЕДУЕМОГО ФИТОЦЕНОЗА

Глубина слоя почвы	Запасы ^{137}Cs в слое почвы, кБк/м^2	Запас биомассы в слое почвы, г/м2	Прирост, г/м2	Удельная активность ^{137}Cs в корнях кБк/кг	Запас ^{137}Cs в приросте кБк/м^2	Количество радиоцезия поступающего в почвенный слой с приростом, %*
0-10 см	3663,9	2413	133,4	45,37	6,05	0,17
10-20см	710,6	535	29,56	46,84	1,39	0,20
20-30см	76,1	327	18,1	46,45	0,84	1,11

**Процент от запаса радионуклида в слое*

Возраст фитоценоза наравне с уже указанными факторами будет играть существенную роль, поэтому для расчета в конкретном случае использовались показатели для фитоценоза со значением биомассы корней, сопоставимым с результатами проведенных натурных исследований.

Тем не менее, полученные экспериментально данные, указывают, что более значимым источником поступления радиоцезия являются корневые экссудаты. В результате эксперимента с водной культурой, поступление радиоцезия с экссудатами в чистый раствор за одну неделю составило в среднем 42,9% от содержания в ассимилирующих органах. Помимо допущений, указанных ранее, для использования данного показателя при пересчете влияния корневых систем на миграцию радиоцезия для существующих фитоценозов необходимо учесть, скорость роста при выращивании в растворе, как минимум в 2 раза выше, чем при выращивании в почве [15], что подтверждается результатами накопления радиоцезия в структурных компонентах в модельном эксперименте и практикой гидропоники, таким образом ежедневно с корневыми выделениями поступает около 3,1% от запаса в ассимилирующих органах. Соответствующие показатели характерны только

для периодов с относительной влажностью почвы не менее 60% от полной влагоемкости, когда осуществляется процесс экссудации [16]. Длительность вегетационного периода для Брянской области составляет около 180 дней, но даже это количество не отражает благоприятный период для экссудации, поскольку общее число дней с осадками, в течении теплого периода редко превышает 35 [17], а водоудерживающая способность опесчаненных почв не высокая, поэтому решено для расчета (Таблица 3) использовать период равный 70 дням.

Количество радиоцезия, ежегодно поступающего с корневыми выделениями (N) определялось по формуле (1):

(1) $N = B \times n \times T$, где

B – запас ^{137}Cs в ассимилирующих органах;

n – процент ^{137}Cs поступающего с корневыми экссудатами в сутки от запаса в ассимилирующих органах (в данном случае n=3,1%);

T – длительность периода благоприятного для экссудации.

Таблица 3.

РАСЧЕТНОЕ КОЛИЧЕСТВО РАДИОЦЕЗИЯ, ЕЖЕГОДНО ПОСТУПАЮЩЕГО В ПОЧВЕННЫЙ ПРОФИЛЬ С КОРНЕВЫМИ ВЫДЕЛЕНИЯМИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ИССЛЕДУЕМОМ ФИТОЦЕНОЗЕ

Биомасса хвои, г/м^2	Удельная активность ^{137}Cs в хвое, кБк/кг	Запас ^{137}Cs в хвое (B), кБк/м^2	Благоприятный период для экссудации (T), дней	Количество радиоцезия, ежегодно поступающего с корневыми выделениями (N), кБк/м^2
650	30,0	19,5	70	42,4

Таким образом оценка количества радиоцезия на основании результатов модельного эксперимента, позволяет предположить, что количество ежегодно поступающего с корневыми выделениями радионуклида составляет около 42,4 кБк/м^2.

В расчете влияния корневых выделений в миграцию радиоцезия важно учитывать распределение биомассы корней в почвенном профиле, и здесь следует отметить, что предложенная оценка (Таблица 4) не учитывает распределение корней по фракциям.

Таблица 4.

ОЦЕНКА ВКЛАДА КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НАКОПЛЕНИЕ РАДИОЦЕЗИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ В ИССЛЕДУЕМОМ ФИТОЦЕНОЗЕ

Глубина слоя	Запасы ^{137}Cs в слое, кБк/м^2	Запас биомассы корней г/м^2	Поступление ^{137}Cs с корневыми экссудатами, кБк/м^2	Вклад корневых выделений в накопление радиоцезия в слое, %*
0-10 см	3663,9	2413	31,2	0,86
10-20см	710,6	535	7,0	0,98
20-30см	76,1	327	4,2	5,52

**Процент от запаса радионуклида в слое*

Таким образом полученные данные показывают, что поступление радиоцезия в слой почвы в составе ежегодных корневых выделений соснового древостоя, даже по самым скромным оценкам, в разы превышает поступление его в этот же слой за счет годового отпада корней и составляют от 0,86% в верхнем слое 0-10 см до 5,52% в нижнем слое 20-30 см.

Выводы из данного исследования и перспективы. Данное исследование было направлено на установление роли корневых систем древесных растений в миграционных потоках радиоактивного изотопа цезия с массовым числом 137 в сосняке Красногорского района Брянской области. В целом было проанализировано несколько основных путей поступления и перераспределения радионуклида в почвенном профиле под влиянием корневых систем – поступление в почвенный слой в составе годового прироста корней, их опада, в составе корневых выделений, а также в процессе перемещения ^{137}Cs в водной пленке на поверхности корневых систем. Величина запаса искомого радионуклида в почвенном профиле коррелировала с пиками профильного распределения биомассы, а детектируемые уровни ^{137}Cs приурочены к слоям почвы с значимым присутствием корневой биомассы, так на глубине более 30 сантиметров, в сосняке, где обнаруживается минимальное количество корней сосны, радиоцезий практически отсутствует. При этом, обнаруживается значимый вклад корневой системы сосны в суммарный запас радионуклида в почвенных слоях. В целом это делает очевидным факт определяющей роли корневых систем в процессе перераспределения радионуклида в почвенном профиле.

Стоит отметить, что в исследуемом сосняке было обнаружено формирование сосной обыкновенной корневой системы поверхностного типа, что не является характерным для данного вида, однако может встречаться в отдельных случаях. Это необходимо учитывать в дальнейших исследованиях при решении этого вопроса. Наряду с видовыми различиями, еще один фактор,

очевидно, оказывает влияние на интенсивность поступления радиоцезия в почвенный профиль – это возраст фитоценоза, поскольку от данного фактора зависит величина ежегодного прироста и отпада корневых систем, а также соотношение прироста корней различных фракций. Таким образом, вопросы связанные с вариацией количества корневых выделений в зависимости от вида и возраста растений требуют дальнейшего исследования.

В целом, проведенное исследование подтвердило существенную роль корней древесных растений первого яруса, итоговая роль корневых систем в ежегодном высвобождении радиоцезия достигает 5,9% для сосняка, при этом данная оценка не включает в себя другие немаловажные компоненты экосистем, такие как травянистые однолетние и многолетние растения, кустарнички и подлесок, что приводит к выводу об определяющей роли корней растений в процессе миграции радиоцезия и необходимости дальнейшего развития данного направления.

Список литературы:

1. Парамонова Т. А., Мамихин С. В. Корневое поглощение ^{137}Cs и его распределение между надземными и подземными органами растений: анализ литературы // Радиационная биология. Радиоэкология. 2017. Т. 57, № 6. С. 633–650.

2. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. М.: АН СССР. 1963. 132 с.

3. Алексахин Р.М., Пристер Б.С., Санжарова Н.И. и др. Радиоактивное загрязнение агроэкосистем // Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии / Под ред. И.И. Крышева. М.: ИАЭ им. Курчатова, 1991. С. 136–161.

4. Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Радиоактивное загрязнение почв// Деградация и охрана почв. М. Изд-во МГУ, 2002. с. 373 - 400.

5. Щеглов А. И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: По материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. Москва: Москва, 2000. 268 с.

6. Ефремов И.В., Рахимова Н.Н., Янчук Е.Л. Особенности профильной миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва – растение // Вестник ОГУ,. Оренбург: 2005. №12. С. 49 - 54.

7. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. М., Энергоиздат, 1981. 98 с.

8. Konoplev A. V. , Golosov V. N. , Yoschenko V. I. et al. Vertical distribution of radiocesium in soils of the area affected by the fukushima dai-ichi nuclear power plant accident // Eurasian Soil Science. 2016. V. 49, № 5. P. 570–580.

9. Калинин М.И. Корневедение / М.И. Калинин. М.: Экология, 1991. 173 с.

10. Щеглов А. И., Цветнова О. Б., Попова Е.П. Влияние корней древесных растений на перераспределение ^{137}Cs в почвах сосняков и березняков зоны радиоактивного загрязнения // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2016. — № 2. — С. 45–50.

11. Щеглов А. И., Цветнова О. Б., Попова Е.П. Показатели поступления ^{137}Cs в почву с опадом корней и корневыми выделениями сосны обыкновенной //Радиационная биология. Радиоэкология. — 2017. — Т. 57, № 6. — С. 651–657.

12. Popova E.P., Shcheglov A.I., Komarov L.A. Some indicators of the ^{137}Cs intake in nutrient solution with root exudates of Norway spruce (Picea Abies) in a model experiment // Moscow University Soil Science Bulletin, 2018, Vol. 73, No. 5, pp. 43–46.

13. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 294 с.

14. Корневая система сосны обыкновенной в условиях северотаежной зоны / Тюкавина, Евдокимов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал . 2016 . № 1.

15. Чесноков В.А. и др. Выращивание растений без почвы. Л.: Издательство Ленинградского университета. 1960. 170 с.

16. Жолкепич В.Н. Водный обмен растений. М.: Наука, 1989. 256 с.

17. Агроклиматический справочник по Брянской области. Л.: Гидрометиоиздат, 1960. 111 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Mamikonyan B.M.
doctor of technical science, professor,
head of EEIAS departament,
Gyumri branch of National polytechnic university of Armenia
Melikyan T.A.
PhD student of EEIAS departament,
Gyumri branch of National polytechnic university of Armenia

DIGITAL MEASUREMENT OF QUALITY FACTOR OF INDUCTANCE COILS BY PHASE METHOD

Мамиконян Б.М.
Доктор химических наук, профессор,
завкафедрой ЭЭИАС,
Гюмрийский филиал Национального политехнического университета Армении
Меликян Т.А.
Аспирант кафедры ЭЭИАС,
Гюмрийский филиал Национального политехнического университета Армении

ЦИФРОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ ФАЗОВЫМ МЕТОДОМ

Summary. The problem of measuring the quality factor of inductance coils on alternating current is investigated. A comparative analysis of methods of measuring the quality factor of the coil is carried out. The main schemes of the bridge and resonance methods, their advantages and disadvantages are considered. The preference is given to the use of alternating-current voltage dividers using the phase method. The advantages of this technical solution are largely due to the possibilities of using microcontrollers. The phase method of measurement, that uses a simple measuring circuit for direct conversion of the quality factor of the coil into the phase shift angle between two output voltages of the measuring circuit, is investigated in detail.

Аннотация. Исследована проблема измерения добротности катушек индуктивности на переменном токе. Проведен сравнительный анализ методов измерения добротности катушки. Рассмотрены основные схемы мостового и резонансного методов, их преимущества и недостатки. Предпочтение дано использованию делителей напряжения переменного тока с применением фазового метода. Преимущества этого технического решения во многом обусловлены возможностями использования микроконтроллеров. Подробно исследован фазовый метод измерения, использующий простую измерительную цепь для непосредственного преобразования добротности катушки в угол фазового сдвига между двумя выходными напряжениями измерительной цепи.

Keywords: inductance coil, quality factor, measuring circuit, phase method, sensitivity, error.

Ключевые слова: катушка индуктивности, добротность, измерительная цепь, фазовый метод, чувствительность, погрешность.

Постановка проблемы. Индуктивность является одной из основных величин, характеризующих параметры электрических цепей. Катушки индуктивности (КИ), как элемент электрической цепи, широко используются при создании электро- и радиотехнического оборудования: генераторов, фильтров, устройств намагничивания, средств автоматизации, компьютерной и телекоммуникационной аппаратуры, бытовой и автомобильной техники, промышленного и медицинского оборудования, средств мобильной связи и многих других. Качество и параметры КИ оказывают большое влияние на работу этих устройств, поэтому при их производстве и эксплуатации широко используются различные методы и средства измерений параметров КИ, требования к метрологическим и эксплутационным характеристикам которых постоянно возрастают [1]. В связи с этим, исследования, посвященные методам и средствам измерения и контроля их характеристик КИ, были и остаются актуальными.

Анализ последних исследований и публикаций. Основными параметрами КИ являются номинальная индуктивность L и добротность Q. Индуктивность характеризует свойство КИ преобразовать энергию электрического тока в энергию магнитного поля. Необходимый для практики диапазон измерений индуктивности находится в пределах от долей *мкГн* до 108 *Гн* в частотном диапазоне от 0,01 *Гц* до СВЧ [1]. Добротность характеризует потери энергии в виде тепла от протекающего через катушку тока, поэтому служит мерой качества КИ. Добротность КИ равна отношению индуктивного сопротивления к активному сопротивлению, она изменяется с частотой. В небольшом диапазоне рабочих частот, на который рассчитывается КИ, активное и

индуктивное сопротивления изменяются примерно одинаково, так что их отношение оказывается постоянной величиной. Поэтому добротность достаточно точно характеризует свойства КИ во всём диапазоне рабочих частот [2]. Современные КИ имеют добротность в весьма широких пределах в зависимости от назначения, конструкции и используемых материалов [3]. Наибольшую добротность имеют КИ с *сердечниками из ферритов* до 300. *Контурные* КИ используются совместно с конденсаторами для получения резонансных контуров. В диапазоне длинных и средних волн эти катушки многослойные, как правило, с намоткой типа «универсаль». Для повышения добротности применяют многожильные провода типа «литцендрат». В диапазоне коротких и ультракоротких волн используются однослойные катушки с индуктивностью порядка единиц микрогенри и добротностью порядка 50...100. Для гибридных микросхем на частотах порядка 10...100 МГц находят применение *тонкоплёночные спиральные* КИ. Добротность таких катушек не превышает 20...30. В аппаратуре, где требуется миниатюризация, наиболее широко применяют *чиповые* КИ, которые имеют, в зависимости от производителей, минимальное значение добротности от 10 до 24 [3]. У *многослойных керамических* КИ, предназначенных для поверхностного монтажа, минимальная добротность составляет от 10 до 15 [4]. Таким образом, можно считать, что необходимый для практики диапазон измерений добротности КИ находится в пределах от 10 до 300 [3].

При сравнительно невысокой частоте тока (до нескольких сотен килогерц) полную эквивалентную схему замещения КИ заменяют упрощенной схемой замещения в виде последовательного соединения резистора R_X и индуктивности L_X [5]; при этом добротность определяют в виде отношения $Q = \frac{\omega L_X}{R_X}$. Для измерения параметров КИ широко используются методы уравновешивающего преобразования (с помощью мостовых схем переменного тока - универсальных и специального назначения, автоматических и с ручным уравновешиванием), резонансные методы (с помощью куметра), погрешности измерения которых в большинстве случаев составляют от 0,02 до нескольких процентов [1, 6, 7]. В куметрах, с целью повышения точности измерения, диапазон $Q = 0\ldots300$ разбивается на несколько поддиапазонов, каждому из которых соответствует свой поддиапазон частоты генератора. В зависимости от используемой схемы, погрешность измерения куметром добротности КИ составляет 5-6% [8]. Это определяется нестабильностью и погрешностью установки частоты генератора, непостоянством его выходного напряжения, погрешностью градуировки шкал образцовых конденсаторов и вольтметров, а также неточностью настройки в резонанс куметра. Упомянутые методы сложны в реализации, требуют наличия эталонных регулируемых и градуированных элементов, в них отсутствует непосредственный выходной электрический сигнал для сопряжения измерителя с современными вычислительными средствами обработки информации и использования результата измерения в системах управления.

В этой связи определенный интерес представляет фазовый метод раздельного измерения параметров КИ, обеспечивающий достаточно простым способом требуемую практикой точность измерения. В методе используются измерительные, управляющие и вычислительные возможности программируемых микроконтроллеров (МК) в сочетании с структурно-алгоритмическими методами инвариантных преобразований измеряемых параметров [9]. Сущность метода поясняется схемой измерителя рис. 1, где: 1 – измерительная цепь (ИЦ); 2 – КИ; 3 – программируемый генератор синусоидальных сигналов; 4 – электронный переключатель; 5 – МК; 6 – цифровое отсчетное устройство (ЦОУ); 7 – преобразователь интерфейса; 8 – компьютер.

ИЦ представляет собой делитель напряжения, образованный последовательным соединением КИ и образцовых резисторов R_1, R_2, и питаемый током генератора Г синусоидального переменного напряжения (непосредственно или через токоограничивающее устройство). ИЦ имеет два выходных напряжения относительно общей точки, которые поступают на вход МК: напряжение u_S общего контакта переключателя и напряжение u_N опорного резистора R_1, при этом информативным сигналом является угол φ фазового сдвига между этими напряжениями. В процессе измерения МК устанавливает требуемую частоту ω генератора, управляет положением переключателя, измеряет значения φ_1 и φ_2 угла φ в двух положениях a и b переключателя соответственно, и по результатам измерений вычисляет параметры КИ. Из векторной диаграммы рис. 1б следует:

$$ctg\varphi_1 = \frac{R_1+R_X}{\omega L_X},\ ctg\varphi_2 = \frac{R_1+R_X+R_2}{\omega L_X},$$

откуда следует

$$L_X = \frac{R_2}{\omega(ctg\varphi_2 - ctg\varphi_1)},\ R_X = \frac{(R_1+R_2)ctg\varphi_1 - R_1 ctg\varphi_2}{ctg\varphi_2 - ctg\varphi_1},$$
$$Q = \frac{R_2}{(R_1+R_2)ctg\varphi_1 - R_1 ctg\varphi_2}. \quad (1)$$

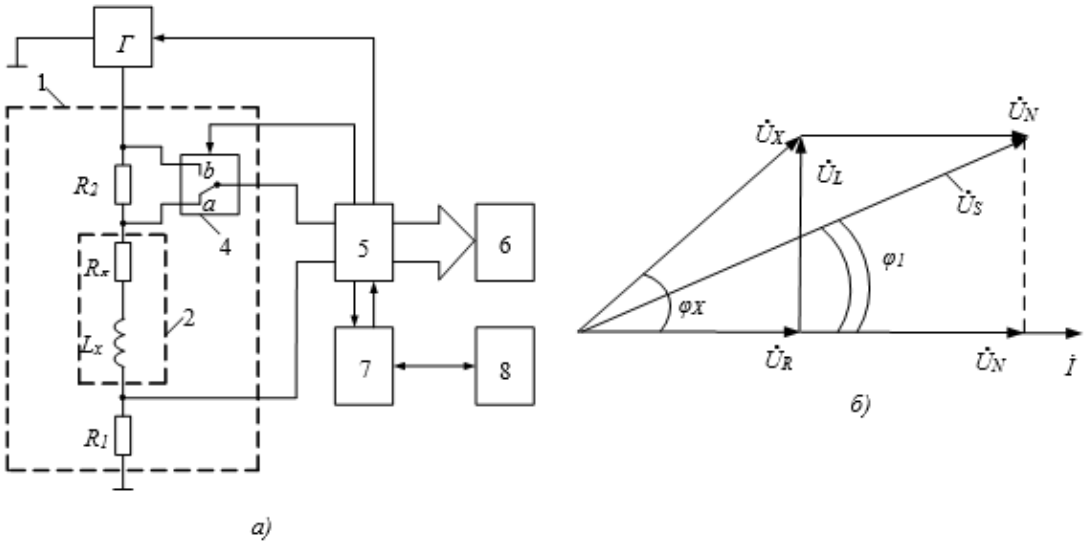


Рис. 1. Измеритель параметров КИ: а - упрощенная функциональная схема; б – векторная диаграмма тока и напряжений ИЦ в исходном положении переключателя

Формулы (1) позволяют производить раздельное определение параметров КИ на переменном токе. Требуется измерять только угол фазового сдвига φ между двумя выходными напряжениями ИЦ. В случае необходимости можно из МК оцифрованные сигналы углов φ_1 и φ_2 через преобразователь интерфейса посылать в компьютер, там их обработать и результаты измерения выводить на монитор компьютера.

В общем случае результаты измерения зависят от частоты питающего ИЦ тока, поэтому возникает задача стабилизации этой частоты либо ее контроля в процессе измерения. С учетом этого обстоятельства в качестве источника питания ИЦ использован программируемый генератор синусоидальных сигналов AD9833. При каждом измерении МК задает частоту генератора и использует это значение частоты при расчете параметров КИ, вследствие чего изменение частоты генератора не влияет на точность измерения. Стабильность напряжения генератора не существенна, поскольку в формулах (1) это напряжение не фигурирует.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В случаях, когда требуется измерять только добротность Q, использование устройства по схеме рис. 1 нецелесообразно: ИЦ содержит переключатель и два резистора, расчетные формулы (1) сложны, на точность измерения влияют допуски и температурные изменения сопротивлений резисторов.

Цель статьи. Целью статьи является упрощение схемы ИЦ и процесса измерения добротности КИ фазовым методом.

Изложение основного материала. Указанная цель достигается за счет использования схемы ИЦ, представленной на рис. 2. Из векторной диаграммы (рис. 2б) видно, что угол $\varphi = 180^0 + \varphi_X = -180^0 + \varphi_X$, где $tg\varphi_X = \frac{\omega L_X}{R_X} = Q$. Поскольку $tg\varphi = tg(180^0 + \varphi_X) = tg\varphi_X$, то в этой схеме реализуется зависимость

$$Q = tg\varphi \qquad (2)$$

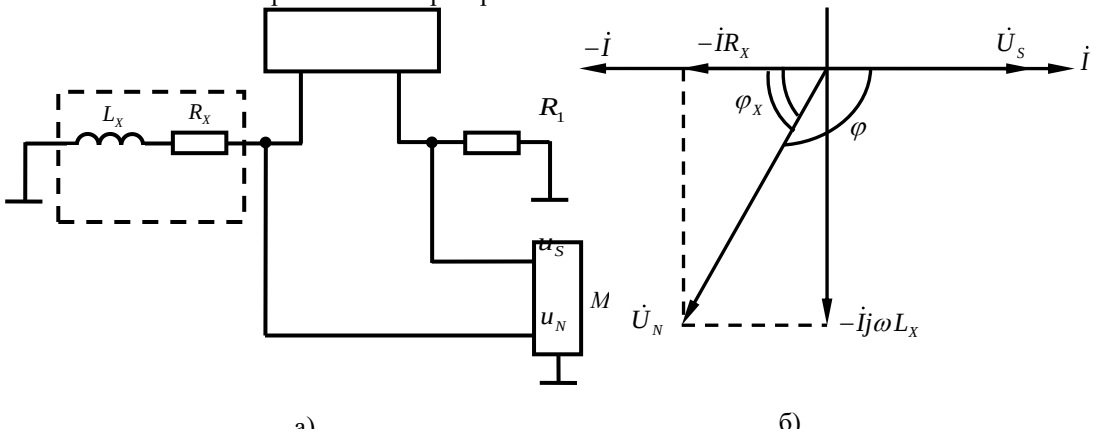


Рис. 2. Схема ИЦ для измерения добротности КИ (а), векторная диаграмма тока и напряжений (б)

Сравнение формул (1) и (2) показывает, что в устройстве по схеме рис. 2, кроме упрощения схемы и процесса измерения, возможно достижение более высокой точности определения

добротности КИ, поскольку в правой части формулы (2) фигурирует только один параметр – угол φ, и только от погрешности его измерения зависит результирующая точность определения добротности КИ.

Чувствительность S преобразования $\varphi = f(Q)$ определяется из формулы (2):

$$\frac{1}{S} = \frac{dQ}{d\varphi} = \frac{d(tg\varphi)}{d\varphi} = \frac{1}{cos^2\varphi},$$

следовательно,

$$S = cos^2\varphi. \quad (3)$$

В табл. 1 представлены вычисленные по формуле (3) значения чувствительности для диапазона добротности $Q = 10\ldots300$.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ

Q	10	15	20	30	50
φ_X, *град.*	84,2894	86,1859	87,13759	88,0908	88,8542
$-\varphi$, *град.*	95,7106	93,8141	92,86241	91,9092	91,1458
$-cos\,\varphi$	0,0995	0,0665	0,0499	0,0333	0,01999
S	0,00990	0,004422	0,00249	0,001109	0,000399
Q	100	150	200	250	300
φ_X, *град.*	89,427	89,6180	89,7135	89,7708	89,8090
$-\varphi$, *град.*	90,573	90,382	90,2865	90,2292	90,191
$-cos\,\varphi$	0,01000	0,006667	0,005	0,004	0,003333
S	0,0001	0,000044	0,000025	0,000016	0,000011

Построены графики зависимости $S = f(Q)$ (рис. 3), видно, что с увеличением Q чувствительность резко уменьшается, особенно после значения $Q = 100$, следовательно, с точки зрения чувствительности, метод целесообразно применять для малых и средних добротностей, а значения угла φ ограничить снизу значением $\varphi \approx -90{,}5$ *град*.

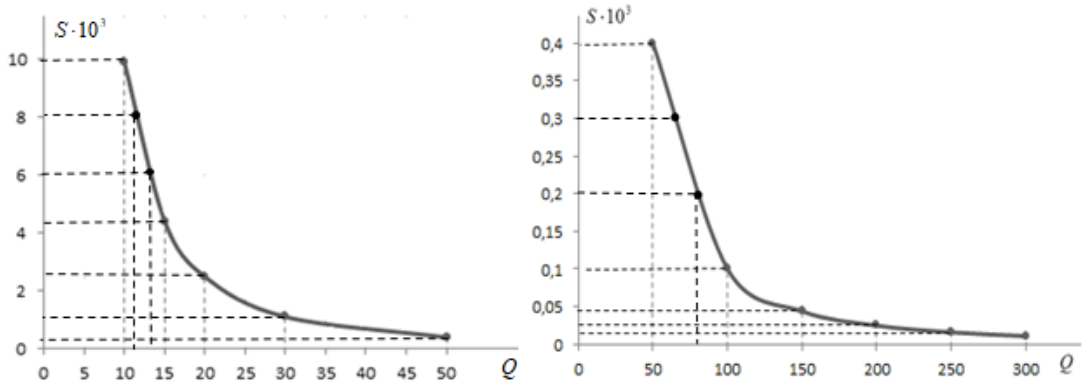


Рис. 3. Графики зависимости чувствительности преобразования от величины измеряемой добротности

Оценим погрешность измерения добротности катушки по формуле (3). Погрешность измерения Q зависит от погрешности измерения угла φ и вычисления $tg\varphi$. Абсолютная погрешность определения Q будет

$$\Delta Q = \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \cdot \Delta\varphi = \frac{\partial Q}{\partial (tg\varphi)} \cdot \frac{\partial (tg\varphi)}{\partial \varphi} \cdot \Delta\varphi = \frac{1}{cos^2\varphi} \cdot \Delta\varphi,$$

а относительная погрешность

$$\gamma(Q) = \frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta\varphi}{tg\varphi \cdot cos^2\varphi} = \frac{2}{sin\,2\varphi} \cdot \Delta\varphi = \beta \cdot \Delta\varphi, \quad (4)$$

где обозначено $\beta = \frac{2}{sin\,2\varphi}$.

В табл. 2 приведены расчетные значения β для диапазона измерений $Q = 10\ldots300$. Видно, что угол φ находится в диапазоне

$\varphi = -(90{,}2^0\ldots95{,}71^0)$, а значение коэффициента β практически не отличается от значения Q. Это можно доказать и теоретически:

$$\beta = \frac{2}{sin\,2\varphi} = \frac{1}{sin\,\varphi \cdot cos\,\varphi} = \frac{sin\,\varphi}{sin^2\varphi \cdot cos\,\varphi} = \frac{tg\varphi}{sin^2\varphi} = \frac{Q}{sin^2\varphi}.$$

Для значений угла φ, приведенных в табл. 2, значения $sin^2\,\varphi$ находятся в пределах $sin^2\,\varphi = 0{,}99\ldots0{,}9999$, то есть $sin^2\,\varphi \approx 1$, следовательно, $\beta \approx Q$, поэтому выражение (4) можно заменить на

$$\gamma(Q) = Q \cdot \Delta\varphi, \quad (5)$$

Таблица 2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА β ДЛЯ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ $Q = 10\ldots300$

Q	10	20	50	100	200	300
$-\varphi$, *град.*	95,7106	92,8624	91,1458	90,5729	90,2865	90,191
-2φ, *град.*	191,4212	185,7248	182,2916	181,1458	180,573	180,382
$sin\,2\,\varphi$	0,1980	0,0998	0,0400	0,0200	0,0100	0,0067
β	10,1010	20,0401	50,00	100,00	200,00	298,507

Таким образом, относительная погрешность измерения добротности КИ фазовым методом пропорционально увеличивается с увеличением добротности, что также подтверждает нецелесообразность применения метода для измерения добротностей выше значения $Q = 100$.

Угол φ измеряется в МК цифровым методом путем его преобразования во временной интервал τ в соответствии с зависимостью

$$\varphi = \frac{\tau \cdot 2\pi}{T} = \tau \cdot 2\pi f = \omega \cdot \tau, \quad (6)$$

где $T = \frac{1}{f}$ - период синусоидального напряжения генератора Г. В процессе измерения МК устанавливает требуемую частоту ω генератора и использует это значение при определении угла φ, поэтому точность определения угла φ по формуле (6) зависит только от погрешности формирования временного интервала τ с помощью МК ($\Delta\tau_1$) и погрешности квантования τ ($\Delta\tau_2$):

$$\Delta\varphi = \frac{\partial\varphi}{\partial\tau}\Delta\tau = \omega(\Delta\tau_1 + \Delta\tau_2),$$

следовательно, из (5) получаем

$$\gamma(Q) = Q \cdot \omega(\Delta\tau_1 + \Delta\tau_2) = \gamma_1(Q) + \gamma_2(Q), \quad (7)$$

где обозначены $\gamma_1(Q) = Q \cdot \Delta\varphi_1 = Q \cdot \omega \cdot \Delta\tau_1$; $\gamma_2(Q) = Q \cdot \Delta\varphi_2 = Q \cdot \omega \cdot \Delta\tau_2$.

Временной интервал τ формируется входными компараторами МК при переходах напряжений u_S и u_N через нуль. Так как переключение компараторов происходит в линейной области характеристики усиления операционного усилителя (ОУ), то время переключения зависит от скорости изменения входного напряжения и напряжения смещения компараторов (быстродействие компараторов применяемого МК существенно выше частоты генератора Г). Поэтому погрешность $\Delta\tau_1$ можно практически полностью исключить соответствующим выбором амплитуды напряжений u_S и u_N, от которой зависит скорость изменения входного напряжения. Представим эти напряжения в общем виде $u = U_m\,sin\,\omega\,t$, скорость их изменения будет

$$V = \frac{du}{dt=\omega U_m} cos\,\omega\,t.$$

Компараторы МК срабатывают при переходах напряжений u_S и u_N через нуль, где $cos\,\omega\,t = 1$ и Vm_{max}. Если напряжение смещения компараторов равно ΔU_0, то за время одного периода тактового генератора МК $T_0 = \frac{1}{f_0}$ приращение входного напряжения должно быть как минимум в $\alpha = 5\ldots10$ раз больше ΔU_0. Это необходимо, чтобы длительность фронтов сигнала временного интервала τ была меньше или равна периоду тактовых импульсов во избежание потерь тактовых импульсов в течение фронтов начала и конца сигнала τ. Это условие запишется в виде

$$\omega U_m T_0 \geq \alpha \cdot \Delta U_0. \quad (8)$$

Для минимального значения U_m получим:

$$(U_m)\,\frac{\alpha f_0 \cdot \Delta U_0}{\omega}\,_{min}. \quad (9)$$

В разработке использован МК типа PIC32MX695F512H с тактовой частотой $f_0 = 80$ *МГц*, стабилизируемый кварцевым резонатором. Из-за такой высокой тактовой частоты из (9) получается чрезмерно большая амплитуда U_m, особенно при низких частотах f генератора *Г*. В компараторах используются наиболее прецизионные ОУ, например, типов OPA, OPAy, TLE (Texas Instruments), имеющие сверхмалые напряжения смещения, не превышающие $\Delta U_0 = (0{,}005\ldots0{,}125)$ *мВ* (при 25^0 С) [10]. Поэтому при исследованиях можно ориетироваться на значение ΔU_0 порядка $\Delta U_0 \approx 0{,}1$ *мВ*. В этом случае при частоте $\omega = 314\ c^{-1}$ ($f = 50$ *Гц*), из (9) получается при $\alpha = 5$:

$$(U_m)\,\frac{5 \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3}}{314}\,_{min}\ B,$$

в то время, как в нашей разработке, исходя из технических характеристик используемого МК, амплитуда напряжений u_S и u_N не может быть больше $U_m = 1{,}65\ B$. Поэтому, вместо идеального условия (8), при котором полностью исключается погрешность $\Delta\tau_1$, более реально нормировать эту погрешность некоторым приемлемым для практики значением, поэтому необходимо установить зависимость погрешности $\Delta\varphi_1$ от ΔU_0 и U_m. Для измерения угла фазового сдвига φ между двумя синусоидальными напряжениями $u_1 = U_{1m}\,sin\,\omega\,t$ и $u_2 = U_{2m}\,sin(\omega t - \varphi)$ их подают на входы компараторов напряжений (КН) К1 и К2, вторые входы которых подключены к напряжению условного “0” (рис. 4).

Когда напряжения u_1 и u_2 приравниваются напряжению “0”, на выходах КН получаются

короткие сигналы в моменты времени t_{1i} и t_{2i}. В идеальном случае интервал времени τ между этими моментами пропорционален углу

$$\varphi: t_{2i} - t_{1i} = \tau = \frac{T}{2\pi}\varphi = \frac{\varphi}{\omega} \text{ и } \varphi = \omega\tau. \quad (10)$$

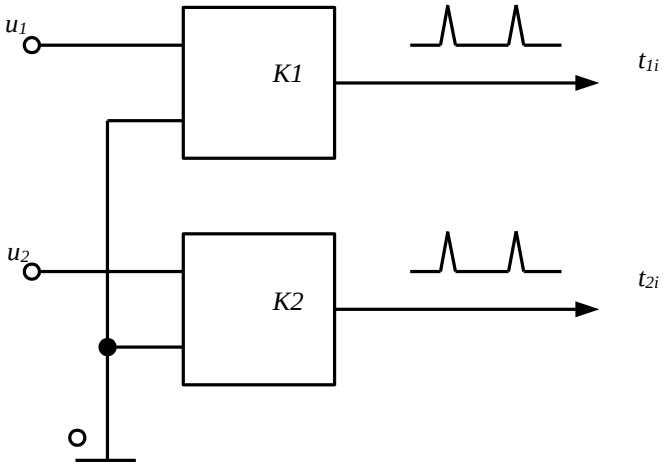


Рис. 4. К преобразованию угла фазового сдвига между двумя синусоидальными напряжениями в интервал времени

Поскольку в реальности КН имеют напряжения смещения нуля ΔU_{01} и ΔU_{02}, то моменты времени t_{1i} и t_{2i} получаются не в точках $u = 0$, а в точках $u_1 = \Delta U_{01}$ и $u_2 = \Delta U_{02}$ (рис. 5): Поэтому интервал времени τ получается с некоторой погрешностью. Если $\Delta U_{01} = \Delta U_{02}$, то эту погрешность практически можно не учитывать. В общем случае $\Delta U_{01} \neq \Delta U_{02}$, поэтому для моментов времени t_{1i}^* и t_{2i}^* выходных сигналов КН можно написать

$$\Delta U_{01} = U_{1m}\, sin\, \omega\, t_{1i}^*, \Delta U_{02} = U_{2m}\, sin\, \omega\, t_{2i}^*. \quad (11)$$

Для напряжений u_1 и u_2 моменты t_{1i} и t_{2i} соответствуют значению $sin\, \omega\, t = 0$, поэтому формулы (11) для общего случая можно представить в виде

$$\Delta U_{01} = U_{1m}\, sin\, \omega\, t_{1i}^* - U_{1m}\, sin\, \omega\, t_{1i} = U_{1m}(sin\, \omega\, t_{1i}^* - sin\, \omega\, t_{1i}),$$
$$\Delta U_{02} = U_{2m}\, sin\, \omega\, t_{2i}^* - U_{2m}\, sin\, \omega\, t_{2i} = U_{2m}(sin\, \omega\, t_{2i}^* - sin\, \omega\, t_{2i}),$$

а из-за малости углов синусы можно заменить их аргументами:

$$\Delta U_{01} = \omega U_{1m}(t_{1i}^* - t_{1i}), \Delta U_{02} = \omega U_{2m}(t_{2i}^* - t_{2i}).$$

Следовательно,

$$\omega(t_{2i}^* - t_{2i}) - \omega(t_{1i}^* - t_{1i}) = \frac{\Delta U_{02}}{U_{2m}} - \frac{\Delta U_{01}}{U_{1m}},$$
$$\omega(t_{2i}^* - t_{1i}^*) - \omega(t_{2i} - t_{1i}) = \frac{\Delta U_{02}}{U_{2m}} - \frac{\Delta U_{01}}{U_{1m}},$$
$$\omega\tau^* - \omega\tau = \frac{\Delta U_{20}}{U_{2m}} - \frac{\Delta U_{10}}{U_{1m}},$$
$$\varphi^* - \varphi = \Delta\varphi_1 = \frac{\Delta U_{02}}{U_{2m}} - \frac{\Delta U_{01}}{U_{1m}}.$$

Если настроить ИЦ так, чтобы обеспечилось условие $U_{1m} \approx U_{2m} = U_m$, получим

$$\Delta\varphi_1 = \frac{(\Delta U_{02} - \Delta U_{01})}{U_m}. \quad (12)$$

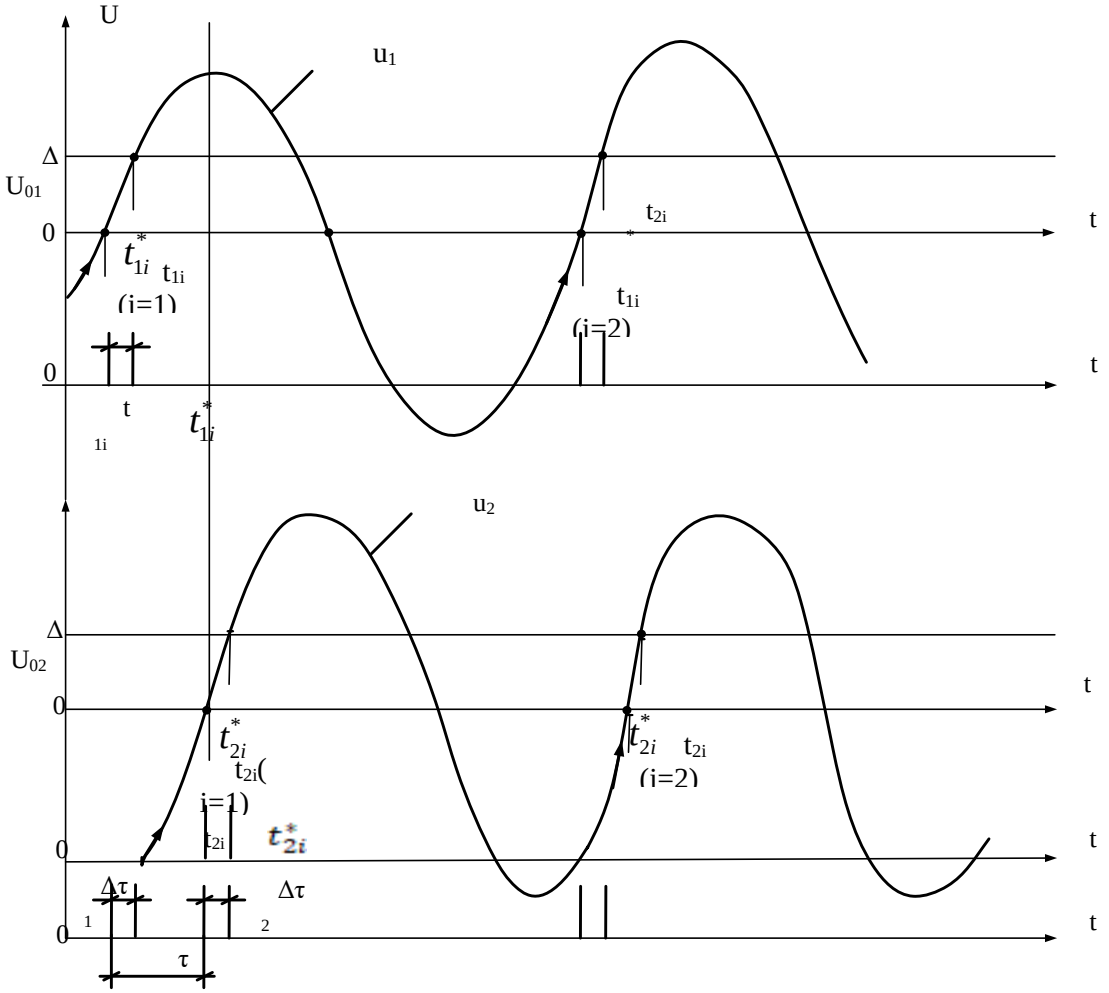


Рис. 5. К определению погрешности от напряжения смещения нуля компараторов напряжений

Полученное выражение (12) позволяет выбрать необходимое значение U_m. В наихудшем случае, когда $\Delta U_{01} = -\Delta U_{02}$, получаем $\Delta\varphi_1 = \frac{2\Delta U_0}{U_m}$, откуда

$$U_m \geq \frac{2\Delta U_0}{\Delta\varphi_1}.$$

Например, если $\Delta U_0 = 0{,}1$ *мВ*, $\Delta\varphi_1 = 10^{-4}$, получаем $U_m = 2{,}0$ *В*: Однако, необходимо учесть, что напряжения ΔU_{01} и ΔU_{02} являются независимыми друг от друга случайными величинами, поэтому при их сложении в (12) нужно учесть их дисперсии или среднеквадратические отклонения (σ). Известно [11], что случайные погрешности, независимо от закона их рапределения, могут быть нормированы значением 2σ с доверительной вероятностью 0,9. Значит, можно практически принять, что для двух КН $\sigma_{10} = \sigma_{20} = \sigma_0$, а нормированные значения их напряжений смещения нуля будут $\Delta U_0 = 2\sigma_0$. Следовательно, выражение (12) можно представить через среднеквадратическое отклонение ($\Delta U_{02} - \Delta U_{01}$):

$$\sigma[\Delta U_{02} - \Delta U_{01}] = \sqrt{\sigma^2[\Delta U_{02}] + \sigma^2[\Delta U_{01}]} = \sqrt{2(\sigma_0)^2} = \sigma_0\sqrt{2} \approx 1{,}4\sigma_0 = \frac{1{,}4}{2}\Delta U_0.$$

С той же доверительной вероятностью 0,9 можно принять, что

$$(\Delta U_{02} - \Delta U_{01}) = 2\sigma[\Delta U_{02} - \Delta U_{01}] = 2 \cdot \frac{1{,}4}{2} \cdot \Delta U_0 = 1{,}4\Delta U_0.$$

Следовательно, выражение (12) примет вид

$$\Delta\varphi_1 = \frac{1{,}4 \cdot \Delta U_0}{U_m}. \quad (13)$$

Таким образом, для разных предельных значений Q и $\gamma_1(Q)$ можно вычислить предельное значение $\Delta\varphi_1$ и с помощью выражения (13) определить необходимое значение U_m по формуле $U_m \geq \frac{1{,}4 \cdot \Delta U_0}{\Delta\varphi_{1_l}}$, где $\Delta\varphi_{1_l}$ - допустимое предельное значение $\Delta\varphi_1$ (в рад.), или же при выбранном значении U_m определить погрешность

$$\gamma_1(Q) = Q \cdot \Delta\varphi_1 = \frac{1{,}4 \cdot Q \cdot \Delta U_0}{U_m}. \quad (14)$$

В табл. 3 представлены расчетные значения зависимости $\gamma_1(Q) = f(U_m)$ для предела измерения $Q = 100$ при $\Delta U_0 = 0{,}1\ мВ$.

Таблица 3

ЗНАЧЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ $\gamma_1(Q) = f(U_m)$ ПРИ $Q = 100$, $\Delta U_0 = 0{,}1$ МВ

U_m, B	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	**1,6**	1,65
$\gamma_1(Q), \%$	1,75	1,55	1,4	1,27	1.17	1,08	1,00	0,93	**0,88**	0,85

Следует отметить, что при необходимости погрешность $\gamma_1(Q)$ можно уменьшить, если увеличить U_m до нужного значения $\gamma_1(Q)$ по формуле (14), а напряжения u_S и u_N подавать на входы компараторов МК через ограничители амплитуд.

В схеме рис. 2а генератор Г обеспечивает режим заданного напряжения, значения которого на опорном резисторе и на КИ могут составлять до $UmNm_{Sm}\ B$, однако они устанавливаются на уровне $U_m = 1{,}6\ B$, при котором погрешность $\gamma_1(Q)$ составляет $\gamma_1(Q) = 0{,}88\%$.

Временной интервал τ измеряется в МК методом дискретного счета с использованием интегрированного таймер-счетчика путем его заполнения импульсами образцовой частоты f_0 тактового генератора. Число квантующих импульсов, поступающих на цифровой счетчик за время τ будет $N_X = f_0\tau$. Частота f_0 стабилизируется кварцевым резонатором с высокой точностью, а $\Delta N_X = \pm 1$, поэтому в выражении (7) погрешности $\Delta\tau_2$ и $\gamma_2(Q)$ определятся выражениями

$$\Delta\tau_2 = \frac{\partial\tau}{\partial N_X} \cdot \Delta N_X = \frac{1}{f_0} \cdot \Delta N_X = \pm\frac{1}{f_0}, \gamma_2(Q) = Q\omega \cdot \Delta\tau_2 = \frac{Q\omega}{f_0}. \quad (15)$$

Видно, что погрешность $\gamma_2(Q)$ прямо пропорциональна частоте f генератора Г и уменьшается с увеличением частоты f_0 тактового генератора МК. С увеличением Q погрешность $\gamma_2(Q)$ также пропорционально увеличивается.

При суммировании погрешностей $\gamma_1(Q)$ и $\gamma_2(Q)$ в формуле (7) необходимо учесть, что они случайны и некоррелированы, при этом $\gamma_1(Q)$ подчиняется нормальному распределению, а $\gamma_2(Q)$ - равномерному. Поэтому их сумму с доверительной вероятностью 0,9 будем определять по формуле [11]

$$\gamma(Q) = \sqrt{\gamma_1^2(Q) + \gamma_2^2(Q)}. \quad (16)$$

В табл. 4 представлены результаты расчета $\gamma(Q)$ по формуле (16) для предела измерения $Q = 100$ при различных частотах f генератора. Видно, что до частоты $f = 1000\ Гц$ погрешность измерения не превышает 1,2%.

Таблица 4

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ $\gamma(Q)$ ПРИ $Q = 100$, $f_0 = 80$ МГЦ, $\gamma_1(Q) = 0{,}88\%$

$f, Гц$	50	100	250	500	750	1000
$\gamma_2(Q), \%$	0,0393	0,0785	0,1963	0,3925	0,5887	0,785
$\gamma(Q), \%$	0,8808	0,8809	0,9016	0,9635	1,0588	1,1792

Выводы и предложения. Фазовый метод цифрового измерения добротности КИ можно использовать для измерения добротности КИ в диапазоне $Q = 10\ldots100$ на частотах до 1000 $Гц$ с пределом основной относительной погрешности измерения, не превышающей 1,2% с доверительной вероятностью 0,9.

Список литературы

1. Егоров П.М. Исследование и разработка методов и средств передачи размера единицы индуктивности на основе новых многозначных мер. Дисс. на соиск. уч. степени к.т.н. // СПб.: ГП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", 1999. – 189 с.

2. Романова И. Индуктивные компоненты компании Murata для силовых и высокочастотных применений // "Электроника: НТБ". - №4. – 2014. – С. 72-82.

3. Арбузов А. Современные индуктивные элементы для РЭА // Современная электроника. – 2006. - № 5. – С. 22-26.

4. Катушки индуктивности без сердечника (Air coil WE-KI; WE-MK) // http://www.alfa-elektronik.com/php/wurth/induct/air_coil3.php.

5. Мелентьев В.С., Костенко Е.В., Миронов Д.А. Аппроксимационные методы раздельного определения параметров двухэлементных двухполюсных электрических цепей // Ползуновский вестник. - 2011. - № 3/1. – С. 47-50.

6. Смирнов В.И. Методы и средства функциональной диагностики и контроля технологических процессов на основе электромагнитных датчиков / Ульяновский государственный технический университет. - Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2001. - 190 с.

7. Топильский В. Б. Микроэлектронные измерительные преобразователи. Учебное пособие.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 493 с.

8. Шишмарёв В.Ю., Шанин В.И. Электрорадиоизмерения. – М.: Изд-во: Юрайт, 2018. - 336 с.

9. Мамиконян Б.М. Измерение параметров пассивных электрических двухполюсников

фазовым методом // Вестник НПУА: Электротехника, энергетика. - 2017. - №1. – С. 67-76.

10. Микросхемы для аналоговых сигнальных цепей // Texas Instruments 1Q 2011. – 137 с. (http://www.ti.com.cn/cn/lit/sg/rust015/rust015. pdf).

11. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.

Работа выполнена в рамках госбюджетного финансирования по теме 18A-2b14 Комитета Науки Республики Армения

Меликян Татул Артурович

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПЛАН КАК ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗВИТИЯ БИЗНЕСА

Стратегический подход к планированию деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства является неотъемлемой частью эффективного управленческого процесса. Стратегический план позволяет вовремя сформировать представление о возможностях внешней среды, а также вероятных угрозах с выработкой соответствующей реакции на них у компании, более того, эффективность общего управления предприятием в значительной степени зависит от характеристик стратегического плана, используемого для принятия управленческих решений тактического и операционного характера. Сопоставление вектора фактически принимаемых и воплощаемых в жизнь управленческих решений компании со стратегическим планом позволяет оценить эффективность и качество использования ресурсов организации.

Субъекты малого и среднего предпринимательства, функционирующие на территории постсоветского пространства, в том числе, в Республике Казахстан, как правило, стратегическим планированием на системной основе не занимаются. Как следствие, жизненный цикл таких компаний относительно небольшой, поскольку единожды, в момент основания малой компанией, была адекватно определена некая тенденция внешней среды, с исчезновением или трансформацией которой бизнес малой организации перестает быть адекватным внешней среде, в результате чего субъект малого или среднего предпринимательства просто прекращает свое существование. Однако те малые предпринимательские структуры, которые отслеживают среднесрочные и долгосрочные тенденции внешней среды и превентивно реагируют на ее изменение, что и подразумевает процесс стратегического планирования, обладают более высоким уровнем жизнеспособности. И, если процесс стратегического планирования в такой компании есть процесс системный, то в обозримые сроки стратегически ориентированный субъект малого или среднего предпринимательства масштабируется до более крупных размеров.

Вопросам стратегического планирования посвящены несколько теоретико-методологических концепций. В них отражены вопросы практики оценки состояния внутренней и внешней среды субъекта малого / среднего предпринимательства, оценки возможностей и рисков, выработки мероприятий для того, чтобы максимально полно использовать возможности и нивелировать угрозы внешней среды, техника проведения стратегического аудита внутрикорпоративной среды в целом и каждой ее функциональной среды в частности с учетом использования современных управленческих технологий, др. Результатом всех этих процессов является разработка самого главного документа в системе целеполагания малой предпринимательской структуры – стратегического плана.

Динамика бизнеса в современной деловой среде Республики Казахстан уже настолько высокая, что возникает объективная потребность в новых подходах к формированию и развитию систем управления компанией, основанных на стратегическом планировании, как следствие, меняются требования к обязательным компетенциям и навыкам, которыми должен обладать предприниматель и руководители топ-уровня. При этом обострение конкурентной борьбы обуславливает необходимость действовать на опережение конкурентов, то есть субъект малого / среднего предпринимательства должен быть более адекватным сложившимся во внешней и внутрикорпоративной среде условиям, чего возможно достигнуть лишь на стратегическом уровне управления при условии качественно реализованной управленческой функции стратегического планирования.

Стратегия развития подразумевает решение следующих задач:

- рассмотреть стратегический план субъекта малого или среднего бизнеса и его структурные элементы с точки зрения базовых теоретических концепций;
- изучить методологию формирования стратегических планов;
- провести стратегический анализ внутренней среды компании;
- идентифицировать и проанализировать факторы дальнего и ближнего окружения внешней среды функционирования компании – объекта исследования;
- осуществить выбор стратегической альтернативы развития;
- разработать стратегический план и сформировать стратегическую карты развития;
- разработать организационный аспект развертывания стратегического плана с применением диаграммы Ганта;

- выявить и оценить риски, которые могут возникнуть в ходе реализации предложенного стратегического плана;
- осуществить прогнозную оценку экономической эффективности.

В ходе выполнения разработки стратегического плана необходимо применить следующие методы и концептуальные модели: SWOT-анализ, дерево целей, карта сбалансированных показателей, анализ данных из открытых источников, опрос экспертов (в том числе руководителей и топ-менеджмент изучаемой компании), бенчмаркинг, инструментарий идентификации и оценки рисков, а также методики финансового менеджмента, применяемые для оценки экономической эффективности предложенного стратегического плана.

Разработка стратегического плана – это начальный этап процесса стратегического управления – концепции, широко используемой современным менеджментом. При этом базовые элементы, лежащие в основе стратегического плана, представляют собой основные ориентиры управления любым продуктивно работающим субъектом малого или среднего предпринимательства. Вместе с тем, системный подход, который методология стратегического планирования определяет к процессам в части развития компании, делает ее уникальной и позволяет обеспечить в среднем более высокий уровень конкурентоспособности.

Во-вторых, определяя ключевые направления развития в соответствии с концепцией стратегического анализа внешней и внутренней среды, лежащего в основе практики стратегического планирования, есть возможность избежать большого количества ошибок как в начале пути развертывания стратегии, так и в процессе дальнейшей работы и быстрее добиться успеха.

В-третьих, практическое применение алгоритма стратегического планирования позволило не только определять вектор наиболее перспективного развития компании, но создать информационную основу для осуществления мониторинга эффективности системы управления персоналом предприятия, а также выявлять ключевые факторы, определяющие уровень качества персонала в контексте его соответствия стратегии развития. Тем самым, повышается роль стратегического планирования, который создает мотивы продуктивной и качественной работы, мотивируя каждого сотрудника коллектива на достижение конкретного результата работы.

В современной научной литературе, посвящённой вопросам стратегического менеджмента, стратегическим планом организации называют генеральную программу ее развития, определяющую приоритетность частных стратегических задач, методов формирования и распределения ресурсов организации, соответственно, последовательность действий достижения стратегических целей, которые должны максимально учитывать текущее и перспективное состояние внешней и внутренней среды.

Если проанализировать термин «стратегический план организации» в понимании различных авторов, то при общей схожести взглядов отмечается его многоаспектность и многогранность, что дает возможность идентифицировать совокупность специфических характеристик стратегического плана, определяющих ее сущность и детерминирующих ее прикладное значение в рамках стратегического менеджмента. Перечислим их:

(а) стратегический план выполняет интеграционную функцию, которая через систему многофункционального надоперационного менеджмента обеспечивает адаптацию организации к новому режиму функционирования.

(б) стратегический план обеспечивает кроссфункциональную связь в рамках единого вектора развития организации, балансируя / уравновешивая различные ее участки.

(в) понимание стратегического плана включает такой аспект, как взаимодействие субъекта как единого целого с его окружением. Стратегический план учитывает все происходящее во внешней среде, поскольку это неизбежно оказывает влияние на деятельность организации (причем влияние это – двустороннее).

(г) для стратегического плана характерны отдаленные горизонты планирования воздействия на организацию.

Стратегический подход к управлению организацией - это очень важный аспект обеспечения её конкурентоспособности в долгосрочной перспективе. Стратегический план отражает целевое состояние компании, к которому она должна прийти через достаточно длительный промежуток времени. Причём новое целевое состояние должно учитывать всю совокупность изменений, ожидаемых во внешней среде. То есть стратегический план - есть, с одной стороны, адаптация организации к изменениям внешней среды, с другой стороны, фактор трансформации внешней среды, зарождающий новые тенденции. Ключевой характеристикой стратегического плана является долгосрочный аспект его воздействия, выраженный в концентрации основных целей и более четком представлении о развитии организации в длительной перспективе, то есть содержит так называемое видение будущего состояния организации.

В современной экономике часто встречаются ситуации, когда тот или иной субъект малого или среднего предпринимательства, единожды уловив актуальную тенденцию, начинает её операционную эксплуатацию. Менеджмент этой организации сфокусирован на операционном процессе, но в какой-то момент отдача от такой организации закономерно начинает затухать, что вызывает недоумение предпринимателя. Описанное выше явление называется «стратегической близорукостью», поскольку характеризуется

отсутствием стратегического плана развития у организации, как следствие отсутствие долгосрочного плана реакции на изменения во внешней среде.

Тем не менее, за последние годы число компаний, внедряющих у себя стратегический подход к управлению, стремительно растет. Чаще всего в Республике Казахстан этот инструментарий долгосрочного планирования можно встретить у субъектов крупного и крупнейшего бизнеса, однако определенную популярность и распространение стратегический менеджмент получил и среди малых и средних предприятий. Причина такой популярности заключается в том, что внедрение такой системы позволяет не только повысить эффективность всей организации, но обеспечить ее уровень конкурентоспособности в долгосрочном периоде. Как правило, стратегический план составляется на период от трех лет. Наиболее часто встречающийся временной лаг стратегического планирования равен 5 годам. Однако малая или средняя по масштабам компания часто сокращает стратегический цикл, поскольку в силу относительно невысоких масштабов деятельности реализация стратегии осуществляется гораздо быстрее, чем аналогичные преобразования в масштабах транснациональной корпорации.

Как правило, идентификацию глобальных трендов осуществляют в соответствии с методологией PEST-анализа (или его вариаций) с помощью которой выделяются ключевые факторы трансформации экономики в целом или конкретной отрасли. Факторы классифицируются на политические, экономические, социальные и технологические. Под их воздействием меняется рыночная среда, а момент рождения рыночных трендов легко отслеживается, но важно их не игнорировать, а превентивно реагировать, учитывая их влияние в стратегии развития. Некоторые тренды зарождает сама организация. К примеру, технологические факторы очень часто возникают в результате деятельности той или иной малой компании и ярким примером здесь выступает казахстанская компания Kelin, которая разработала социальную сеть для женщин, сохраняющую анонимность ее пользовательниц, что сделало ее крайне популярной в исламских странах. Будучи небольшим стартапом, Kelin, имея четкий стратегический план, уже за 2 года вышла на оценочную капитализацию в 170 млн. долларов США.

Ярким примером стратегической «близорукости» в отношении технологических факторов выступает подавляющее число казахстанских промышленных предприятий. В то время, когда глобальный тренд в массовом производстве - эксплуатация гибких производственных линий (в том числе роботизированных) и промышленных 3D-принтеров, которые уже представляют господствующий уклад в производственной сфере, казахстанские предприниматели создают в лучшем случае конвейеры фордовского типа (образца начала прошлого века). Как следствие, в новой постиндустриальной производственной парадигме тиражирование образца стоит крайне дешево, в то время как казахстанское производство индустриального образца обходится многократно дороже, что приводит к полной неконкурентоспособности казахстанских промышленных товаров.

Стратегический план представляет собой совокупность целей и задач, характеризующих будущее состояние организации и её целевое положение на рынке. При этом система стратегических целей носит характер общих формулировок, а это делает её неприменимой даже в качестве ориентиров в операционной деятельности, что усугубляется их (стратегических целей) отдаленностью во времени.

Таким образом, сам факт наличия стратегического плана не гарантирует, что по истечению определённого срока времени организация перейдёт в новое состояние. Необходима трансформация стратегии развития в цели операционного уровня, при этом декомпозиция должна быть осуществлена максимально глубоко - вплоть до задач, стоящих перед конкретным работником. Соответственно, должна быть выстроена эффективная система управления, которая через воздействие на тактический и операционный уровень будет способствовать планомерной реализации стратегического плана организации. Для этого необходимо предусмотреть специальные политики, процедуры и правила.

Наиболее популярным инструментом трансформации стратегии организации в показатели операционного уровня выступает система сбалансированных показателей (Balance ScoreCard, BSC), которая детализирует стратегический план организации, делает ее более конкретной и осуществляет ее перевод в термины операционного процесса. При правильной трансформации у руководителя любого уровня управленческой иерархии появляется ориентир в виде частных метрик, ориентируясь на которые, отслеживается прогресс в реализации стратегического плана в каждый отдельно взятый момент времени.

Успех реализации стратегического плана находится в прямой зависимости от ряда факторов. Например, очень важно, чтобы уровень компетенций персонала или хотя бы потенциал его развития соответствовал стратегическим задачам. Кроме того, качественная реализация стратегического плана возможна только в условиях соответствующей корпоративной культуры и при наличии взаимоувязанной со стратегическим планом организационной структуры. Соответственно, бюджет или финансовые возможности компании, как концентрированное выражение доступных компании ресурсов, должен быть достаточным для реализации стратегического плана.

Разработка стратегии организации соотносится с предпринимательской функцией, либо же функцией топ-менеджмента компании. Развертывание стратегического плана организации на практике относится уже к внутренней административной деятельности (функция операционного менеджмента). При этом разработать отличную стратегию развития организации гораздо проще, чем воплотить ее на практике. Для любой организации характерен инертный характер функционирования, поскольку он требует меньше всего энергозатрат. Сложность стратегических преобразований напрямую зависит от масштабов организации: чем больше организация, тем более она инертна, тем сложнее внедрить изменения. Очень часто бывает, что реализация стратегического плана требует смены высших руководителей операционного уровня, поскольку часто их действующий состав не способен справится с инертным характером возглавляемой ими системы, поскольку источником инертности часто выступают они сами.

Обобщая все выше сказанное, необходимо отметить, что стратегический план организации представляет собой разработку и реализацию долгосрочной программы развития, составленную в категориях целей и задач. По сути, стратегический план представляет собой совокупность ориентиров, интегрированную в систему основных целевых установок организации (систему целеполагания). Наличие адекватной текущей ситуации стратегии, ее понимание на операционном уровне, но в тоже время ее обособление от тактики, позволяют организации заложить основу ее успешности в долгосрочной перспективе.

В стратегическом планировании методологический подход выражается в целенаправленном применении логики познания, научных принципов и методов ситуационного и причинно-следственного анализа, выбора и оценки решений. В методологии стратегического планирования выделяют его системность, которая характеризуется качественными компонентами методологического подхода: социально-нормативный, структурно-функциональный, мультипликативный, комплексный, программно-целевой, ресурсосберегающий и динамический.

В широком понимании, методология стратегического планирования представляет собой синергию теории познания, системного, логического, аналитического, оценочного и прогнозного подходов к разработке концепций, целей, планов и программ развития объекта менеджмента.

Формы планирования различны и связаны со всеми задачами и функциями управления на всех его уровнях.

Концепция стратегического планирования базируется на учете факторов:

- Стратегия определяет назначение объекта, его планы действий, долгосрочные цели, распределение ресурсов.

- Стратегия как логически интегрированная последовательная система принятия решения проактивна и предшествует практическим действиям.

- Выбор стратегии определяет конкурентную нишу компании и ее сферы деятельности.

- Стратегия логически определяет распределение задач на среднем и высшем уровнях управления, что обеспечивает координацию организационной структуры и ее функций.

- В стратегии учитываются слабые и сильные стороны объекта, а также возникающие во внешней среде угрозы и возможности.

- Стратегию можно рассматривать как обоснование существования компании: в ней описываются экономические и иные выгоды стейкхолдеров.

Особенности стратегических решений в части долгосрочного развития бизнеса, заключаются в том, что они:

- ориентированы на отдаленное будущее и являются принципиально неопределенными, а потому субъективны и требуют постоянного уточнения;

- направлены не на текущие задачи на перспективные цели объекта, а на возможности;

- необратимы, имеют долгосрочные последствия;

- для обеспечения своей реализации требуют соответствующего ресурсного потенциала;

- многовариантны;

- инновационны. При этом, с учетом того, что организации и люди инерционны, то требуются меры по преодолению сопротивления инновациям и изменениям.

Первым шагом в стратегическом планировании является анализ перспектив объекта, задачей которого становится определение тенденций, угроз, возможностей, а также отдельных факторов, способных изменить сложившиеся тенденции.

Последующий шаг – анализ позиций объекта в конкурентной борьбе.

Дальнейший шаг – выбор стратегии: сравнение перспектив объекта в различных видах деятельности, определение приоритетов и распределение ресурсов между видами деятельности в целях обеспечения стратегии.

Следующий шаг – анализ путей диверсификации: изучение недостатков текущих видов деятельности и выявление новых видов деятельности.

Заключительный шаг – постановка задач:

- стратегических, оперативных и тактических;

- краткосрочных, среднесрочных, долгосрочных.

Таким образом, разработка стратегии начинается с аналитического блока, с анализа рынка. Эту работу делают маркетологи (с привлечением отдела продаж), и эта работа предшествует активной фазе работы над стратегией. Маркетологи должны подготовить аналитический отчет, который можно разослать

участникам разработки стратегии заранее, и презентацию для стратегической сессии.

Параллельно первое лицо компании формирует рабочую группу для разработки стратегии.

В нее обязательно входят все топ-менеджеры и ключевые специалисты. Под ключевыми специалистами подразумеваются люди, владеющие специфическими знаниями и опытом, очень важным для компании. Рабочая группа не должна быть большой, не более 20 человек, в противном случае работа на стратегических сессиях будет протекать слишком медленно.

Следующим этапом разработки стратегии является стратегическая сессия, которая включает обсуждение следующих вопросов:

- Результаты компании за последние три года. Основные выводы, тенденции. Достижение ранее поставленных целей. Докладчиками могут быть: генеральный директор, финансовый директор, начальник ПЭО и т. д.

- Результаты продаж за последний год. Основные тенденции, изменения, достижения поставленных планов.

- Анализ и прогноз рынка – основные тренды, изменения, прогнозы рынка на будущее.

- Аналитический расчет существующей цепочки создания ценностей (стоимость ключевых процессов).

- Ключевые цели, главная стратегическая цель.

Далее следует групповая работа: участники сессии (члены рабочей группы) разбиваются на подгруппы численностью не более 6 человек для обсуждения нижеперечисленных вопросов.

Желательно, чтобы во всех подгруппах были представители из разных отделов и департаментов. Темы для групповой работы:

- PEST-анализ и модель пяти сил Портера

- SWOT-анализ (при необходимости VRIO- и SNW-анализ)

- Разработка своего варианта дерева стратегических целей

- Разработка матрицы ключевых факторов успеха (КФУ)

- Разработка нового видения цепочек создания ценностей (ЦСЦ)

- Разработка стратегического видения

После разработки каждая подгруппа презентует свою версию дерева, матрицы КФУ и видения. Результаты работы каждой подгруппы обсуждаются коллективно.

После этого рабочая группа продолжает регулярно встречаться для того, чтобы:

- на основании предложенных деревьев целей, матриц КФУ и видения выработать единое видение, единое дерево и матрицу КФУ;

- разработать новую концепцию ЦСЦ;

- декомпозировать цели до «атомарного» уровня и выработать единый план мероприятий;

- сформировать стратегический бюджет;

- разработать систему сбалансированных показателей.

Важно учитывать следующее:

- Не для всех обсуждений нужно приглашать всех членов рабочей группы. Часто окончательные решения принимаются группой топ-менеджеров и директором (собственником). Иногда подгруппы для обсуждения конкретных вопросов формируются, в зависимости от повестки, из компетентных специалистов.

- Первое лицо должно принимать участие во всех или почти всех сборах рабочих групп.

- Зачастую во время стратегической сессии выясняется, что у компании недостаточно аналитики для принятия решений. Или, наоборот, во время сессии рождаются принципиально новые идеи, кажущиеся прорывными, но их необходимо проверять. В этом случае возможно проведение повторной стратегической сессии после сбора аналитики и проверки гипотез.

Важно учитывать, что в основе управления бизнесом лежит разработка стратегии, ее адаптация к специфике рынка и ее реализация. Стратегия компании – это комплексный план управления, который должен укрепить положение компании на рынке и обеспечить координацию усилий, привлечение и удовлетворение потребителей, успешную конкуренцию и достижение глобальных целей. Без тщательно сформулированной стратегии деятельность компании теряет смысл, утрачивает конкурентоспособность, ведет к внутреннему застою и ухудшению результатов. Кроме того, действия отдельных подразделений, отделов, групп и менеджеров должны представлять собой единое скоординированное целое, если компания стремится достичь поставленных целей.

Миссия и цели компании находятся во главе ее «стратегического набора», определяя корпоративные и функциональные стратегии компании, а также стратегии ее хозяйственных единиц.

Общие принципы построения плана мероприятий предполагают следующее:

- Задачи должны быть сгруппированы по стратегическим целям из дерева целей.

- В отличие от дерева целей, в плане мероприятий задачи декомпозируются до операционных задач, до «атомарного» уровня. Под этим понимается декомпозиция до тех пор, пока у каждой задачи не останется один владелец – конкретный сотрудник или отдел.

- У каждой задачи должен быть срок, ответственный и кратко описанный конкретный результат.

- План мероприятий на первый год планирования прорабатывается с разбивкой по месяцам или кварталам, на второй и третий год планирования – без разбивки.

Именно план мероприятий делает стратегию осуществимой. Только детально проработанный план мероприятий дает шансы на то, что стратегия будет реализована. В высшем смысле план – это и есть стратегия, а все остальное было лишь подготовкой к нему и аналитикой.

При этом, коммерческая компания должна извлекать доход из своей деятельности, и потому у

любого плана мероприятий должны быть и финансовые результаты. Поэтому в состав разделов стратегии в обязательном порядке должен входить прогнозный бюджет на три года вперед – бюджет доходов и расходов и бюджет движения денежных средств.

Оба бюджета составляются в классических формах, принятых в управленческом учете, поэтому очень подробно мы в этом курсе на них останавливаться не будем. Однако у стратегических бюджетов есть некоторые особенности:

- Стратегические бюджеты обычно не столь детализированы с точки зрения статей, как операционные.

- Стратегические бюджеты, как правило, не делают с помесячной разбивкой.

- Если для реализации стратегии потребуются инвестиции (и даже если этими инвестициями станет чистая прибыль компании), необходимо отдельно рассчитать окупаемость этих инвестиций классическими финансовыми методами.

По итогу возможно сформулировать следующие выводы и сделать ряд обобщений:

Во-первых, стратегия – это конкретный план по созданию и удержанию долгосрочных конкурентных преимуществ, план по созданию потребительской ценности. Стратегия строится вокруг ценности, вокруг меняющихся предпочтений потребителя, отвечая на вопрос о том, чем компания будет удерживать своего клиента завтра. Стратегия охватывает все или почти все аспекты жизни компании. Это план, включающий в себя мероприятия почти для всех департаментов и отделов компании.

Во-вторых, стратегия невозможна без маркетинга, то есть без глубокого, построенного на научной основе знания потребителя и знания рынка.

В-третьих, стратегия определяет ключевые ценности компании: это не план по устранению ошибок или слабых сторон, это путь использования перспективных рыночных возможностей. Стратегия задает ключевые долгосрочные цели и определяет пути их достижения. Цели могут носить как финансовый (прибыль, выручка, EBITDA), так и нефинансовый (NPS, удовлетворенность клиента, доля рынка, производительность труда и т. д.) характер.

В-четвертых, стратегия предусматривает детальный план мероприятий по достижению целей. Она описывает финансовые параметры компании на три года в виде стратегических бюджетов и инвестиционных планов. Если какая-то часть стратегии проработана недостаточно, вероятность ее реализации стремительно уменьшается.

Также важно отметить, что в условиях экономической стабильности стратегия корректируется ежегодно, в условиях нестабильности – по мере возникновения факторов, существенно меняющих внешнюю среду.

Стратегический план организации представляет собой разработку и реализацию долгосрочной программы развития, составленную в категориях целей и задач. По сути, стратегический план представляет собой совокупность ориентиров, интегрированную в систему основных целевых установок организации (систему целеполагания). Наличие адекватной текущей ситуации стратегии, ее понимание на операционном уровне, но в тоже время ее обособление от тактики, позволяют организации заложить основу ее успешности в долгосрочной перспективе.

Кабиева Жанар Абатовна

Солодей Иван Иванович
доктор технических наук, профессор
кафедра строительной механики,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев
ORCID: 0000-0001-7638-3085
Затылюк Герман Анатольевич
аспирант,
кафедра строительной механики,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев
ORCID: 0000-0003-0392-2214

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Solodei I.I.
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Structural Mechanics,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv
ORCID: 0000-0001-7638-3085
Zatyliuk Gh. A.
Postgraduate student, Department of Structural Mechanics,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv
ORCID: 0000-0003-0392-2214

USING SOIL MODELS IN NUMERICAL SIMULATION OF UNDERGROUND STRUCTURES

Аннотация. Современные тенденции к точному и детальному численному моделированию подземных сооружений на различных стадиях их жизненного цикла требуют для расчета использовать современные грунтовые модели. Выбор и применение грунтовых моделей, используемых при численном моделировании, а также теоретическое обоснование и методики определения их параметров являются достаточно острыми вопросами.

В практике проектирования для проведения геотехнических расчетов очень часто используется простейшая идеально упруго-пластическая грунтовая модель Кулона-Мора, которая имеет ряд недостатков, связанных с довольно грубыми результатами расчета.

Hardening Soil Model – усовершенствованная нелинейная модель грунта, которая является достаточно универсальной и подходит для моделирования широкого диапазона грунтов оснований, однако большое количество входных параметров, определение которых не регламентировано нормативными документами Украины, затрудняет возможность ее использования.

В связи с этим, еще одним вопросом, на который стоит обратить внимание, является создание и исследование методов получения более точных результатов расчета при использовании модели Кулона-Мора и применения модели Hardening Soil при недостаточном количестве входных параметров.

Summary. Current trends towards rigorous and detailed numerical simulation of underground structures at different life cycle stages need to use modern soil models for calculation. The selection and applications of soils models, used in numerical simulation, as well as the theoretical justification and select their parameters are a rather acute problem.

In design practice, for geotechnical calculations, the simplest perfectly elastic-plastic Mohr – Coulomb soil model is often used. The Mohr – Coulomb model suffer from a number of shortcomings associated with inaccurate calculation results.

The Hardening Soil Model is an advanced non-linear soil model that is quite generic and suitable for modeling a wide range of base soils. However, a large number of input parameters the definition of which is not regulated by regulatory documents of Ukraine makes it difficult to use.

Accordingly, the creation and study of methods for achievement of more precise calculation results using the Mohr–Coulomb model and the application of the Hardening Soil model with a deficiency of input parameters is another issue that should be addressed.

Ключевые слова: численное моделирование, грунтовая модель, модель Кулона-Мора, Hardening Soil Model, нелинейное деформирование подземных сооружений.

Keywords: ground pressure, rock pressure, arch collapse, arched effect, underground structure, finite element method.

Постановка проблемы. Современные программные комплексы, которые используют численные методы, в частности метод конечных элементов, в качестве своей теоретической базы получили широкое применение при расчетном обосновании проектов строительства, эксплуатации и реконструкции.

Необходимость применения численных методов для исследования различных объектов продиктована трудоемкостью, а иногда даже невозможностью выполнения аналитического расчета вследствие сложности конфигурации и конструктивной схемы.

Возможности вычислительной техники и использование МКЭ позволили детализировать расчетные схемы, которые усложнились по сравнению с теми, что использовались ранее. Современные расчетные модели позволяют отразить действительные условия работы зданий и сооружений на различных стадиях их жизненного цикла.

Перельмутер и Кабанцев указывают на необходимость учитывать изменения расчетной схемы в процессе расчета сооружений, напряженно-деформированное состояние которых формируется постадийно при их возведении. На реальных примерах показано, что исследования идеализированных стационарных «завершенных» объектов, которые описаны как мгновенно и полностью созданы, приводит к существенным ошибкам и неточностям в полученных результатах расчета [1].

Фактически расчетная модель наследует напряженно-деформированное состояние при переходе от одной стадии к другой, поэтому задача является нелинейной. Такую нелинейность предложено называть генетической [2].

Особенно важно, для получения корректных результатов, моделировать процесс создания объектов подземного строительства. Поскольку процесс моделирования генетической нелинейности сопровождается удалением и включением элементов в систему («рождения» и «смерти» [1]), можно говорить, что разные области грунтового массива характеризуются различными графиками истории напряжений.

В [3] приведена такая история напряжений при расчете котлована: область под котлованом испытывает постепенную разгрузку на всех стадиях моделирования выполнения работ, а область за пределами ограждения котлована – попеременные разгрузки и нагружения. Кроме того, случай постепенной нагрузки также является характерным.

На рис. 1 изображен график зависимости деформаций от напряжений в грунтах при трехосных испытаниях. (A-B зона постепенной нагрузки, B-C - зона первичной разгрузки и C-D - зона повторного нагружения). На нем можно увидеть характер нелинейного поведения грунтов и то, что деформационные характеристики не являются постоянными величинами. На отрезке A-B с увеличением напряжений в грунте модуль деформации уменьшается, а в зоне «разгрузки повторного нагружения» приобретает большее значение.

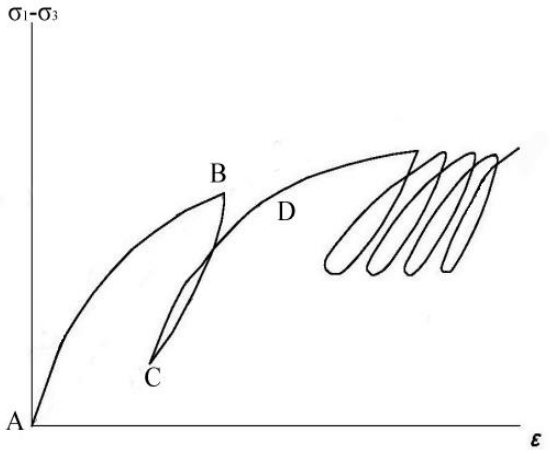


Рисунок 1. График зависимости деформаций от напряжений при испытаниях методом трехосного сжатия.

Кроме того, интересным является, что, изменив вид испытаний на компрессионные мы получим диаметрально противоположную кривую зависимости деформаций от напряжений. Теперь наоборот прослеживается рост модуля деформации с глубиной (рис. 2).

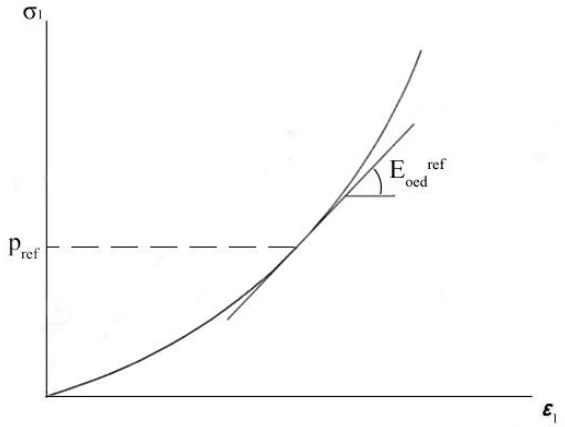


Рисунок 2. График зависимости деформаций от напряжений при испытаниях методом компрессионного сжатия и определение одометрического модуля E_{oed}

Также следует учитывать, что модуль деформации грунта возрастает при увеличении бокового давления (рис. 3).

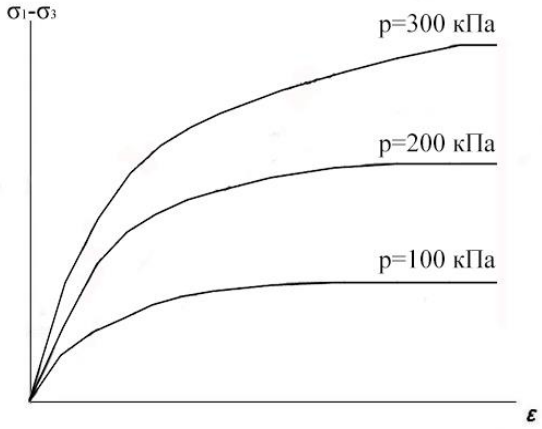


Рисунок 3. Упрочнение грунта при увеличении бокового давления

Анализ последних исследований и публикаций. Вопрос выбора и применения грунтовых моделей, используемых при численном моделировании, а также теоретическое обоснование и методики определения их параметров, является достаточно острым.

Данной тематике посвящены публикации Строковой [4, 5, 6], Тер-Мартиросяна и Мирного [7-9], Шашкина [10], Мельникова [11, 12] и т.д. [13-16]. Вышеупомянутые труды вносят неоценимый вклад в распространение использования современных грунтовых моделей при численном моделировании.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Современные тенденции требуют точного и детального численного моделирования объектов, в том числе и подземных сооружений. Такое моделирование должно в полной мере учитывать следующие особенности: сложный и нелинейный характер нагрузок, что приводит к возникновению в основании областей с разной историей напряжений, а также нелинейную зависимость между напряжениями и деформациями. Корректное численное моделирование такого нелинейного деформирования подземных сооружений возможно только с помощью современных грунтовых моделей.

С другой стороны, использование таких моделей на сегодняшний день является проблемным вопросом из-за их слабой распространенности и отличающейся традиции механики грунтов на территории стран постсоветского пространства от западной, большого количества входных параметров, определение которых не регламентировано нормативными документами Украины и недоступность качественной справочной литературы, поскольку большинство написано иностранными языками.

В то же время некоторые статьи, посвященные данной проблематике, имеют неточности, а иногда даже ошибки, связанные с особенностями западной традиции механики грунтов и сложностями перевода.

Цель статьи. Целью этой публикации является ознакомление широкого круга ученых и инженеров с современными моделями грунтов и входными параметрами, которые необходимы для их использования, а также принципами определения этих параметров.

Изложение основного материала. Сейчас при численном моделировании используются различные математические модели грунтов: Кулона-Мора, Hardening Soil Model и ее производные (Hardening Soil Small-strain), Soft Soil и ее производные, Cam-Clay и т.д. Они характеризуются разной степенью сложности и диапазоном использования. Преимущество простых моделей заключается в меньшем количестве входных параметров, а также в простоте уравнений. Однако, результаты моделирования в этом случае могут быть достаточно приближенными и не согласовываться с реальными данными. Сложные, усовершенствованные модели позволяют описать поведение грунтов более точно, но они требуют более широкого набора характеристик, которые необходимо определить экспериментальными методами, с применением специального оборудования, а также достаточной осведомленности и опытности инженера при выборе модели, ее параметров и анализе полученных результатов расчетов.

В практике проектирования для проведения геотехнических расчетов очень часто используется простейшая упруго-пластическая грунтовая модель Кулона-Мора, которая основана на законе Гука и условии прочности Кулона. Эта модель требует определения всего четырех расчетных параметров: модуля общей деформации E, коэффициента Пуассона ν, сцепления c и угла внутреннего трения φ.

Данная модели является билинейной и деформационные характеристики грунта (модуль деформации грунта и коэффициент Пуассона) принимаются постоянными величинами на протяжении всей упругой работы грунта до момента, когда напряжения достигают зоны пластических деформаций. На самом деле, о чем говорилось выше, грунты всегда ведут себя нелинейно, а деформационные характеристики грунтов не являются постоянными величинами и изменяются в зависимости от напряжений в массиве грунта и способа приложения нагрузок.

Учитывая нелинейность реального деформирования грунтов, встает вопрос выбора модуля деформации. На практике он принимается в диапазоне напряжений, в которых, как ожидается, будет «работать» основание. Кроме того, для некоторой унификации в зарубежных программных комплексах используется секущий модуль деформации E_{50} при 50% прочности, который определяют с помощью метода трехосного сжатия.

Правила определения этого модуля не регламентируются нормативными документами Украины (в частности ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96)), однако, можно найти в российском ГОСТ 12248-2010:

$$E_{50} = \frac{(\sigma_1)_{50} - \sigma_{1c}}{(\varepsilon_1)_{50}}, \quad (1)$$

$$(\sigma_1)_{50} = \frac{\sigma_{1f} + \sigma_{1c}}{2}, \quad (2)$$

где σ_{1f} – напряжение при разрушении;

σ_{1c} – напряжение в конце этапа уплотнения;

$(\varepsilon_1)_{50}$ – значение ε_1 при $(\sigma_1)_{50}$.

Следует учитывать, что в результате использования этого модуля при напряжениях в массиве грунта меньших, чем 50% от предельных, модель Кулона-Мора может завышать деформации основания, тогда как при уровне напряжений более 50% от предельных – опасно занижать.

Другим недостатком данной модели является то, что в ней модуль деформации грунта при разгрузке и повторном нагружении E_{ur} равен модулю деформации грунта при первичном нагружении (рис.4 (б)).

На практике это означает, например, что при расчетах котлованов модель Кулона-Мора может дать завышенные нереалистичные величины поднятия дна котлована при моделировании процесса экскавации грунта.

На самом деле, в условиях разгрузки и повторного нагрузки, модуль деформации грунтов E_{ur} больше E_{50} в 2 ... 7 раз (рис.4 (в)).

Рисунок 4. Идеально упруго-пластическая Модель Кулона-Мора [3].
а – сравнение билинейной диаграммы модели с графиком реального деформирования грунтов; б – использование единого модуля деформации как при первичном нагружение, так и при разгрузке-повторном нагружении; в – характерное для грунтов увеличение модуля деформации при разгрузке-повторном нагружении.

Другой усовершенствованной нелинейной моделью грунта, которая является достаточно универсальной и подходит для моделирования широкого диапазона грунтов оснований, является упруго-пластическая модель с упрочнением грунта (Hardening Soil Model). В отличии от модели Кулона-Мора, данная модель использует гиперболическую зависимость деформаций от напряжений (рис.5), что более точно описывает реальное поведение грунтов (рис.1) и учитывает

упрочнение грунта при увеличении уровня напряжений (рис.3), то есть описывается зависимость модулей деформации от напряжений.

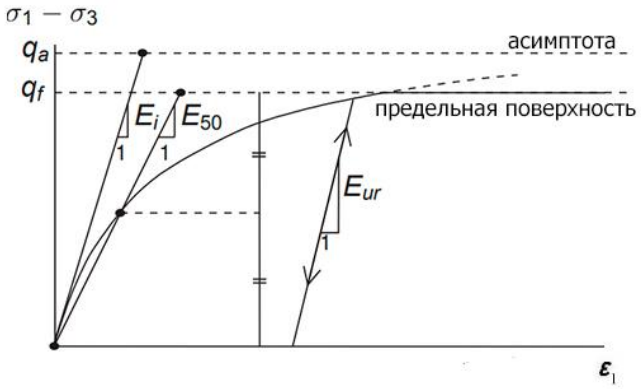


Рисунок 5. Гиперболическая зависимость деформаций от напряжений в модели Hardening Soil

Идеи аппроксимирования кривой «девиатор напряжений-деформации» гиперболической функцией были изложены в [17, 18], которые легли в основу модели Hardening Soil. Вообще данная модель не имеет единого автора, однако окончательно она была сформулирована в работе [19].

Кривая «девиатор напряжений-деформации» в модели описывается функцией:

$$\varepsilon = \frac{1}{2E_{50}} \frac{q}{1-\frac{q}{q_a}}, \quad (3)$$

где ε – деформации;

E_{50} – модуль деформации по секущей при 50% прочности;

q – девиаторне напряжение (σ1-σ3)

q_a – асимптотическое девиаторне напряжения, к которому следует кривая зависимости.

В ПК Plaxis функция несколько видоизмененная [20]:

$$\varepsilon = \frac{1}{E_i} \frac{q}{1-\frac{q}{q_a}}, \quad (4)$$

E_i – касательный модуль деформации. Из-за сложности лабораторного определения рассчитывается по формуле:

$$E_i = \frac{2E_{50}}{2-R_f}, \quad (5)$$

где R_f – соотношение предельного расчетного q_f к асимптотическому (действительному предельному) девиаторному напряжению q_a:

$$R_f = \frac{q_f}{q_a}, \quad (6)$$

по умолчанию принимается 0,9.

Поскольку зависимость следует и никогда не достигает асимптотического значения, кривая ограничена предельным девиаторним напряжением q_f, который рассчитывается по закону Кулона:

$$q_f = (c \cdot ctg\phi + \sigma_3) \frac{2\sin\phi}{1-\sin\phi}, \quad (7)$$

где σ_3 – минимальное главное напряжение (всестороннее давление);

c – удельное сцепление, является входным параметром модели;

φ – угол внутреннего трения, является входным параметром модели.

Зависимость деформационный характеристик от уровня напряжений (рис. 3) описывается формулами (перед σ_3 знак "–", поскольку напряжение сжатия в модели принимают отрицательные значения):

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left(\frac{c\cos\phi - \sigma_3 \sin\phi}{c\cos\phi + p^{ref}\sin\phi} \right)^m, \quad (8)$$

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left(\frac{c\cos\phi - \sigma_3 \sin\phi}{c\cos\phi + p^{ref}\sin\phi} \right)^m, \quad (9)$$

$$E_{oed} = E_{oed}^{ref} \left(\frac{c\cos\phi - \frac{\sigma_3}{K_0^{nc}}\sin\phi}{c\cos\phi + p^{ref}\sin\phi} \right)^m, \quad (10)$$

где E_{50}, E_{ur}, E_{oed} – модули деформации, рассчитываются программой при различных значениях напряжений, отличных от p_{ref};

p^{ref} – опорное давление, является входным параметром модели;

E_{50}^{ref}, E_{ur}^{ref}, E_{oed}^{ref} – модули деформации, определяемые при всестороннем обжатии p^{ref}, являются входными параметрами модели;

m – показатель, характеризующий степень жесткости грунта, и задает кривизну указанных зависимостей, является входным параметром модели;

K_0^{nc} – коэффициент бокового давления в состоянии покоя, может быть определен в лабораторных или полевых испытаниях, или вычислен по формуле, которая в ПК Plaxis используется для данного коэффициента по умолчанию:

$$K_0^{nc} = 1 - \sin\phi \quad (11)$$

Очевидно, что в большом количестве входных параметров Hardening Soil Model и заключается сложность использования данной модели. Ведь она требует достоверного получения всех необходимых данных, качество которых должно быть гарантированной. Однако нахождение этих параметров не регламентировано нормативными документами. Поэтому очень важным вопросом является поиск опытного геотехника, который знаком с особенностями Hardening Soil Model, или личном толкованию лицу, которое будет выполнять испытания грунта, какие именно параметры необходимо определить и принцип их определения.

Прежде всего необходимо определить три модуля деформации грунта:

E_{50}^{ref} – секущий модуль деформации, принцип нахождения которого был описан выше. Добавим, что при выполнении трехосных испытаний необходимо задать обжатие грунта равным p^{ref}. Предел прочности используется не действительный, а определенный по формуле (7), поэтому формулы (1, 2) должны быть несколько модифицированы.

E_{ur}^{ref} – модуль деформации при разгрузке и повторном нагружении. Должен определяться из трехосных испытаний при значении обжатия p^{ref}.

E_{oed}^{ref} – одометрический модуль, который определяется с помощью компрессионных испытаний при опорном давления p^{ref} (рис. 2). Необходим для определения объемной составляющей деформаций, поскольку в модели разделена сдвиговая и объемная составляющие деформаций. В модели используется две функции текучести: для девиаторного нагружения, которая стремится к предельной поверхности Кулона-Мора; для изотропной нагрузки – шатровая поверхность в виде эллипса, которые ограничивают область упругих деформаций и расширяются в процессе пластического деформирования (рис. 6).

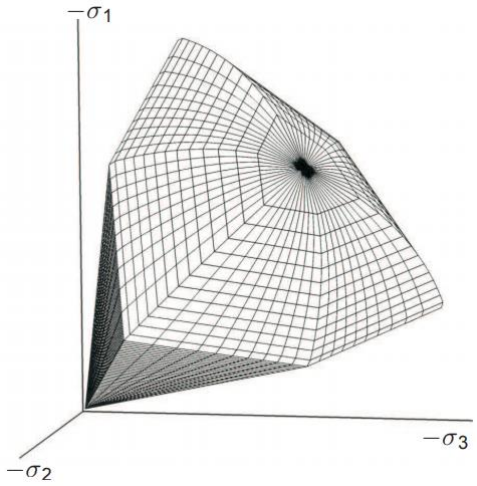


Рисунок 6. Суммарная поверхность текучести в пространстве главных напряжений для модели Hardening Soil [20]

Важным является выбор опорного давления p^{ref}, при котором будут определяться параметры с индексом ref. По умолчанию принимается равным 100 кПа (то есть примерно равным 1 атм, что привело к ошибочному обозначению в некоторых публикациях опорного давления p^{ref} атмосферным давлением), однако, при реальных исследованиях для более точного моделирования следует принимать в зависимости от глубины залегания ИГЭ, как давление на его кровле (минимальное для данного ИГЭ) с помощью эпюры вертикального давления и коэффициента бокового давления.

Важным параметром модели является показатель степени m в формулах (8-10), характеризующий зависимость жесткости грунта от уровня напряжений. В некоторых источниках m ошибочно называется параметром Ohde, в честь якобы автора этого параметра – немецкого ученого Оде. В действительности впервые описывать жесткость от бокового давления таким образом предложил Янбу [21]. Показатель принимает значения от 0 (сжатие грунта происходит по линейному закону) до 1 (наблюдается существенная сжимаемость грунтов). На практике для модели Hardening Soil m принимается в диапазоне 0,5 ... 1, поскольку при значениях меньших 0,5 использования такой сложной модели нецелесообразно. Для определения m можно использовать формулу выведенной из (8-10):

$$m = log_{\left(\frac{c\cos\phi + p\sin\phi}{c\cos\phi + p_{ref}\sin\phi}\right)}\frac{E}{E^{ref}} \qquad (12)$$

То есть, необходимо иметь два модуля деформации при различных значениях всестороннего обжатия p. Поскольку параметр m единый для всех трех формул (8-10), то возникает вопрос использования одного из трех модулей и, соответственно, выбора вида испытаний (трехосное или компрессионное). В [4] m определяется при компрессионных испытаниях, а в [9] более предпочтительными называют испытания трехосного сжатия. На наш взгляд, при выборе вида испытаний следует учитывать характер работы грунта. Если в них преобладают деформации сдвига (преимущественно грунты неглубокого залегания) следует выполнять испытания на трехосное сжатие, если объемные (преимущественно глубокое залегание грунтов) – компрессионные.

В Plaxis по умолчанию используется значение m = 0,5 как наименьшее из тех, что целесообразно использовать.

Такие параметры как сцепление c и угол внутреннего трения φ известны и определяются стандартными методами, а о коэффициенте бокового давления K_0^{nc} говорилось выше.

Модель может учитывать явление дилантансии по теории Rowe [22]. Поэтому угол дилатансии ψ также является входным параметром

модели, хотя и необязательным. Отсутствие регламентации по его определению в нормативных документах не является критическим для использования модели. При отсутствии опытных данных при значение $\varphi > 30^0$ может приниматься по приближенной расчетной формуле (хотя в некоторых случаях возможны и отрицательные значения):

$$\psi = \phi - 30^0 \quad (13)$$

Это основные и важнейшие параметры модели, ряд из которых, без существенного влияния на результаты, могут принимать значения, используемые по умолчанию. Наибольшего внимания следует уделить определению деформационных (E_{50}^{ref}, E_{ur}^{ref}, E_{oed}^{ref}, m) и прочностных (c, φ, ψ) характеристик.

Также необходимо упомянуть и о других важных вопросах, которые поднимаются на практике, связанные с отсутствием сложных грунтовых моделей в распространенных программных комплексах, с одной стороны, и сложностью нахождения всех входных параметров модели Hardening Soil, с другой. Этот вопрос поиска методов моделирования с использованием модели Кулона-Мора, которые позволят получить более точные результаты расчета, приближенные к полученным при использовании Hardening Soil Model. А также вопросы оценки возможности использования модели HSM с входными параметрами, полученными для модели КМ.

Так, можно использовать формулы для расчета приближенных значений для E_{ur}, E_{oed}:

$$E_{ur} = 3E_{50}, \quad (14)$$
$$E_{oed} = E_{50}, \quad (15)$$

В статье [14] используется методика увеличения модуля деформации с глубиной, рассчитанного по формуле (8) за счет разбиения ИГЭ на дополнительные слои, а также использование приближенного модуля деформации разгрузки и повторного нагрузки E_{ur}, который предварительно рассчитанный по формуле (14) при моделировании экскавации грунта.

Кроме того, возможно использование двух модулей деформации для модели одновременно путем использования пар конечных элементов с различными деформационными характеристиками. Элементы с модулем E_{ur} активируются при моделировании экскавации грунта и повторном нагружении, при первичном же нагружении активируются элементы с модулем E_{50}.

Выводы и предложения. В статье рассмотрены особенности двух наиболее распространенных грунтовых моделей. Идеально упруго-пластическая грунтовая модель Кулона-Мора достаточно проста в использовании но имеет ряд недостатков, связанных с довольно грубыми результатами расчета. Модель Hardening Soil – усовершенствованная нелинейная модель грунта, которая является универсальной и подходит для моделирования широкого диапазона грунтов оснований, однако большое количество входных параметров, определение которых не регламентировано нормативными документами, затрудняет возможность ее использования.

Кроме того, в статье рассмотрены вопросы создания и исследования методов получения более точных результатов расчета по использованию модели Кулона-Мора и применения модели Hardening Soil при недостаточном количестве входных параметров. По нашему мнению, исследования в этом направлении являются перспективными и требуют дальнейшего изучения.

Список литературы:

1. Перельмутер А. В. Анализ конструкций с изменяющейся расчетной схемой / А. В. Перельмутер, О. В. Кабанцев. – Москва: СКАД Софт, 2015. – 146 с.

2. Перельмутер А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Москва: СКАД СОФТ, 2011. 736 с.

3. Gouw Tjie-Liong. Common Mistakes on the Application of Plaxis 2D in Analyzing Excavation Problems / Tjie-Liong Gouw // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – № 21. – С. 8291-8311

4. Строкова Л. А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов / Л. А. Строкова. // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – №1. – С. 69–74.

5. Строкова Л. А. Корректировка параметров упругости упруго-пластической модели путем моделирования лабораторных испытаний / Л. А. Строкова. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2009. – №1. – С. 87-90

6. Строкова Л. А. Определение параметров деформируемости грунтов для упругопластических моделей / Л. А. Строкова. // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – №367. – С. 190-194

7. Тер-Мартиросян А. З. Особенности определения параметров современных моделей грунта в ходе лабораторных испытаний / А. З. Тер-Мартиросян, А. Ю. Мирный, Е. С. Соболев. // Геотехника. – 2016. – № 1. – С. 66-72.

8. Мирный А. Ю. Области применения современных механических моделей грунтов / А. Ю. Мирный, А. З. Тер-Мартиросян. // Геотехника. – 2017. – № 1. – С. 20-26.

9. Мирный А. Ю. Статистический анализ параметров модели HARDENING SOIL для грунтов московского региона / А. Ю. Мирный, К. А. Будошкина, В. В. Шишкина. // Геотехника. – 2017. – № 4. – С. 58-64.

10. Шашкин А. Г. Критический анализ наиболее распространенных нелинейных моделей работы грунта / А. Г. Шашкин. // Инженерная геология. – 2010. – № 3. – С. 29-37.

11. Мельников Р. В. Компрессионные испытания грунта как способ определения параметров модели Hardening Soil / Р. В. Мельников. // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – № 4. – С. 90-94.

12. Мельников Р. В., Сагитова Р. Х. Калибровка параметров модели Hardening Soil по результатам лабораторных испытанийв программе Soiltest / Р. В. Мельников, Р. Х. Сагитова. // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2016. – № 3. – С. 79-83.

13. Соколова О. В. Подбор параметров грунтовых моделей в программном комплексе Plaxis 2D / О. В. Соколова // Инженерностроительный журнал. – 2014. – № 4 (48) – С. 10-16

14. Голубев А. И., Селецкий А. В. Выбор модели грунта и её параметров в расчётах геотехнических объектов [Електронний ресурс] / А. И. Голубев, А. В. Селецкий // – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nipinfor.ru/publications/10063/.

15. Юдина И. М. К вопросу о выборе расчетной модели для прогнозирования напряженно-деформированного состояния грунтов при устройстве котлованов / И. М. Юдина, А. Н. Климов. // Вестник МГСУ. – 2008. – №2. – С. 145–149.

16. Кудашева М. И. Сравнение модели Мора-Кулона и модели упрочняющегося грунта в программном комплексе Plaxis [Електронний ресурс] / М. И. Кудашева, С. В. Калошина // Строительство и архитектура. Опыт и современные технологии. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://sbornikstf.pstu.ru/council/?n=9.

17. Kondner R. L. A hyperbolic stress strain formulation for sands. / R. L. Kondner. // 2nd Pan. Am. ICOSFE Brazil – 1962. – 1 – С. 289-324.

18. Duncan J. M.. Nonlinear analysis of stress and strain in soil. / J. M. Duncan, C. Y. Chang // ASCE J. of the Soil Mech. and Found. Div. – 1970. – 96. – С. 1629-1653.

19. Schanz T. The hardening-soil model: Formulation and verification./ T. Schanz, P. A. Vermeer, P. G. Bonnier. // In R.B.J. Brinkgreve, Beyond 2000 in Computational Geotechnics, Balkema, Rotterdam. – 1999 – С. 281-290.

20. PLAXIS 3D 2018 – Material Models Manual [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: https://www.plaxis.com/?plaxis_download=3D-3-Material-Models-1.pdf.

21. Janbu N. Soil compressibility as determined by oedometer and triaxialtests. / N. Janbu // Proc. ECSMFE Wiesbaden. – 1963. – 1. – С. 19–25.

22. Rowe P. W. The stress-dilatancy relation for static equilibrium of an assembly of particles in contact. / P. W. Rowe. // In Proc. Roy. Soc. A., – – 1962. – No. 269. – С. 500–527.

Sopov V.P.
Doctor of Technical Science, Professor of Department of Physical and Chemical Mechanics and Technology of Building Materials and Products
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture
Kazimagomedov I.E.
Candidate of Technical Science,
Associate Professor of the Department of Building Materials
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture
Nalivayko T.T.
assistant of the Department of Engineering Surveying
Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF REPLACEMENT OF FIBER CONCRETE SURFACES

Сопов В.П.
доктор технічних наук, професор кафедри фізико-хімічної механіки та технології будівельних матеріалів і виробів
Харківський національний університет будівництва та архітектури
Казімагомедов И. Э.
кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних матеріалів
Харківський національний університет будівництва та архітектури
Наливайко Т.Т.
асистент кафедри інженерної геодезії
Харківський національний університет будівництва та архітектури

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОСОЧЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ОБЛИЦЮВАЛЬНИХ ВИРОБІВ

Abstract. Improving the durability of fiberglass concrete products is achieved by filling the pore space with hardening fluids by impregnation. The article analyzes the existing methods of impregnation of concrete products. It was revealed that the most effective is the intensive mode of impregnation with excessive evacuation (degassing) of products. For this, a laboratory impregnation unit was used. The intensive mode of impregnation of fiberglass concrete allows additionally synthesizing calcium hydrosilicates in the pore space of the cement stone and on the

surface of the fiber, which protect the capillaries from water access, and fibrous fillers from destruction in an alkaline environment.

Анотація. Підвищення довговічності склофібробетонних виробів досягається за рахунок заповнення порового простору твердіючими рідинами шляхом просочення. У статті проведено аналіз існуючих методів просочення бетонних виробів. Виявлено, що найбільш ефективним є інтенсивний режим просочення з надлишковим вакуумуванням виробів. Для цього використовувалась лабораторна просочувальна установка. Інтенсивний режим просочення склофібробетону дозволяє в найкоротші терміни додатково синтезувати в поровому просторі цементного каменю і на поверхні фібри гідросилікати кальцію, які захищають капіляри від доступу води, а волокнисті наповнювачі - від руйнування в лужному середовищі.

Key words: fiberglass concrete, concrete structure, pore space, strength, volume reinforcement, impregnation.

Ключові слова: склофібробетон, структура бетону, поровий простір, міцність, об'ємне армування, просочення.

Постановка проблеми. Особливості мікроструктури цементного каменю визначаються багатьма факторами, такими як фізична і хімічна природа цементу, тип і кількість добавок, що вводяться, температура і час гідратації, початкове водо-цементне відношення [1]. При введенні в бетон 35-50% води від маси цементу при його твердінні неминуче формується мікроструктура, яка характеризується наявністю порового простору, що складається із гелевих (10^{-9}-10^{-8} м) і капілярних (10^{-8}-10^{-5}м) пор. Їх співвідношення визначає основні експлуатаційні властивості бетону [1-2].

Опір бетону проникненню агресивних речовин залежить від виду пор. Проникнення агресивних речовин можливо по капілярним порам, порам контактної зони між цементним каменем і заповнювачем, а також по мікротріщинам. Особливе значення для проникності мають капілярні пори з розмірами в діапазоні від 10 нм до 100 мкм.

При таких розмірах пори сприяють виникненню капілярного ефекту, в зв'язку з чим вони «втягують» вологу всередину виробу. Крім того, в них спостерігається конденсація пара з повітря, який відкладається на стінках капілярів у вигляді шарів води. Таким чином, микроструктура цементного каменю сприяє наповненню водою з лужним середовищем відкритого порового простору. Як наслідок, в звичайному бетоні скловолокно завжди буде в контакті з лужним середовищем, тому довговічність склофібробетона обмежена.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування скловолокон у якості армуючих структурних елементів бетона має важливий недолік: скловолокно не є стійким у лужному середовищі, яке характерно для цементних систем [3-7]. З іншого боку наявність відкритих капілярних пор сприяє транспортуванню агресивних речовин всередину бетону, розвитку корозійних процесів та подальшому його руйнуванню [8]. Одним із засобів зниження проникності бетону є просочення поверхні бетону спеціальними речовинами. Дослідження застосування твердіючої рідини для просочення бетону показало [9], що доцільно використовувати композицію з рідкого скла з додаванням кремнійфтористого натрію в якості затверджувача. Особливість такої просочувальної рідини полягає в тому, що вона при розкладанні виділяє кремнекислоту, яка помітно ущільнює структуру бетону, знижуючи пористість і захищаючи скловолокно від корозії в середовищі гідратуючого цементу. Метою статті є встановлення особливостей дії просочувальної композиції на властивості склофібробетону та розробка методу ефективного просочування.

Викладення основного матеріалу. Процес заповнення пор бетону є тривалим (≈10 годин) і загасаючим в часі, при цьому просочувальна рідина заповнює тільки 50-55% пор [10]. Характеристика міцності зразків фібробетону після просочення встановлюється за показником - коефіцієнтом зміцнення, який залежить від ступеня заповнення пористого простору (приросту маси рідкого скла):

$$K_{\text{у}} = R_{\text{пр}}/R_{\text{к}} \qquad (1)$$

де $R_{\text{пр}}$ - міцність бетону після просочення, $R_{\text{к}}$ - міцність до просочення.

Для інтенсифікації процесу просочення фібробетону перспективним методом є збільшення швидкості і повноти просочення. При капілярному просоченні проникнення просочувальної речовини по капілярам відбувається під дією рушійного тиску ($P_{\text{дв}}$) [11]:

$$P_{\text{дв}} = P_{\text{к}} + P_{\text{ат}}, \qquad (2)$$

де $P_{\text{к}}$ - капілярний тиск, $P_{\text{ат}}$ - атмосферний тиск.

З протилежного фронту просування просочувальної рідини діє реактивний тиск $P_{\text{р}}$, що істотно знижує швидкість просочення. Умова $P_{\text{дв}}>P_{\text{р}}$ забезпечує процес просочення, який припиняється при $P_{\text{дв}} = P_{\text{р}}$. Таке явище пояснюється тим, що поровий простір не є порожнім, а заповнений повітрям, стиснення якого викликає відповідну реакцію - зростання $P_{\text{р}}$ [12]:

$$P_{р} = \frac{P_{\text{ат}} \times V}{V - V_{ж}} \qquad (3)$$

$$P_{\text{дв}} = P_{к} - \frac{P_{\text{ат}} \times V}{\text{V - V}_{ж}} \qquad (4)$$

де V і $V_{\text{ж}}$ - поровий простір до і після заповнення рідким склом.

Залежності (3) і (4) вказують на неможливість повного просочення порового простору фібробетону, зануреного в рідке скло.

Час просочення склофібробетону, зануреного в рідке скло:

$$t = \frac{8 \cdot V \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot r^4 \left(P_k - \frac{P_{am} \cdot V}{V - V_{ж}}\right)} \quad (5)$$

де η - в'язкість рідини, l і r - довжина і радіус капілярів.

Якщо у формулі (5), зменшити і навіть прирівняти до нуля $P_{ат}$, замінивши атмосферний тиск вакуумом, можна перетворити процес просочення фібробетону з експоненціального в прямолінійний.

Для встановлення ефективності застосування методу інтенсивного просочення для фібробетонів, були проведені експериментальні дослідження шляхом просочення фібробетонних виробів - фасадних облицювальних плит, які мали наступний склад: цемент (Ц) = 550 кг/м^3, водо-цементне співвідношення (В/Ц) = 0,45, скловолокно - 4% від маси цементу, довжина – 15 мм.

Вакуумування здійснювали вакуум-насосом РВН - 20. Залишковий тиск контролювався стрілочним вакуумметром.

Вагу зразків вимірювали електронними вагами з точністю до 0,1 г, приріст ваги рідкого скла ΔS визначали за формулою:

$$\Delta S = \frac{G_{St} - G_H}{G_H} \times 100\ (\%), \quad (6)$$

де G_{st} = вага зразка в момент t, $G_н$ = початкова вага зразка.

Капілярне просочення фібробетонних зразків проводилось зануренням зразка в розплав рідкого скла (рис. 1*а*). Для проведення насичення фібробетонних зразків за допомогою інтенсивного методу (рис. 1*б*) з попереднім вакуумуванням використовувалася лабораторна просочувальна установка, розроблена на кафедрі будівельних матеріалів і виробів ХНУБА [9].

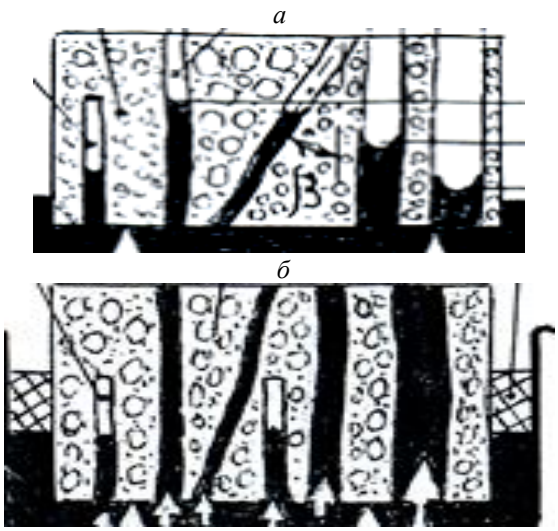


Рис. 1. Капілярне (а) і інтенсивне (б) просочення пористого тіла фібробетону

Для інтенсивного вакуумування виробів з фібробетону на виробництві доцільно застосовувати обладнання, що використовувалось раніше для вакуумування монолітного бетону (вакуум щити, вакуум трубки) [13-14]. На рис. 2 показана схема проведення вакуумування і просочення фібробетонних панелей.

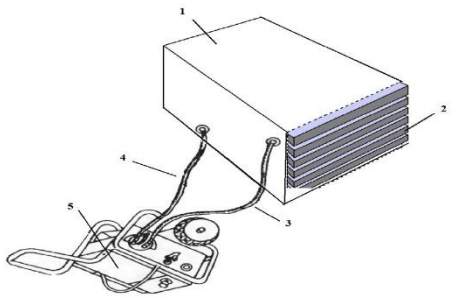


Рис. 2. Схема вакуумування склофібробетонних панелей.
1 - камера вакуумування і просочення; 2 - склофібропанелі; 3 - шланг подачі просочувальної рідини; 4 - вакуумні шланги; 5 - вакуум-агрегат.

Фібробетонні фасадні панелі *4* поміщаються в герметичну камеру *3*, максимально заповнюючи її простір. Вакуум-агрегат *1* за допомогою шланга *2* створює в камері розрідження на час, необхідний

для повної дегазації склофібропанелей. Після проведення вакуумування, по шлангу 5 в камеру подається просочувальна рідина. Поступово вакуум-агрегат скидає вакуум в камері і створює в ній надлишковий тиск для більш ефективного насичення бетонних виробів просочувальною рідиною. Після закінчення процесу просочення камера відкривається, а просочені вироби витягуються. Цей процес можливо повністю автоматизувати. Порівняльні результати випробувань представлені в табл. 1.

Таблиця 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ФІБРОБЕТОНУ, ПРОСОЧЕНОГО РІДКИМ СКЛОМ

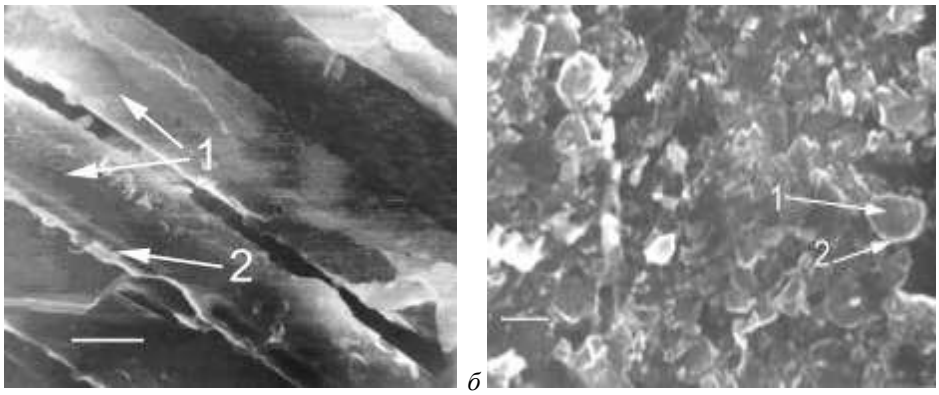
Склад склофібро-бетону	Режим просочення											
	капілярний						інтенсивний					
	Тривалість, год	ΔS, %	$R_{зг}$, МПа	$К_{у(зг)}$	$R_{ст}$, МПа	$К_{у(ст)}$	Тривалість, хв	ΔS, %	$R_{зг}$, МПа	$К_{у(зг)}$	$R_{ст}$, МПа	$К_{у(ст)}$
Ц*=550кг/м^3;	0	0	3,02	1,00	30,5	1,00	0	0	3,02	1,00	30,5	1,00
П=1300кг/м^3;	1	2,38	3,53	1,17	36,5	1,19	20	6,2	9,80	3,24	36,3	1,19
СВ=4% від	3	4,50	4,83	1,62	48,9	1,60	30	8,0	11,09	3,67	47,6	1,56
маси Ц;	5	5,60	6,22	2,06	51,8	1,69	40	9,0	11,40	3,78	58,2	1,90
НК=0,8% від	8	8,10	7,48	2,48	53,5	1,75	50	9,9	11,81	3,92	65,9	2,16
маси Ц;	12	9,22	8,06	2,67	55,0	1,80	60	10,1	11,95	3,97	70,5	2,31
В/Ц = 0,4	24	10,0	9,66	3,25	61,6	2,01	90	10,3	12,01	4,00	72,6	2,38

**П-пісок, Ц цемент, СВ-скловолокно, НК-нанокремнезем.*

Дані експерименту показали, що середнє $К_у$ при капілярному режимі просочення становить 2,5, середнє $К_у$ при інтенсивному режимі просочення становить 3,7. Приріст ваги рідкого скла склав 10%.

Процес просочення твердіючою рідиною пористого тіла цементу з використанням вакууму полягає в попередньому вакуумуванні зразка, армованого волокнами. При цьому, створення вакууму проводиться не тільки для захисту армуючих елементів і матриці від окислення, а головним чином, з метою використання атмосферного тиску в якості сили, що здійснює дезаерацію пор та примусового просочення матриці рідким склом. В цьому випадку виникає перепад тиску (Δp) між відвакуумованним обсягом і атмосферою, внаслідок чого атмосферне повітря тисне на повітря в порах і забезпечує заповнення простору між волокнами.

Як показало дослідження поздовжніх і поперечних зрізів модельних зразків, просочених рідким склом з подальшим затвердженням, спостерігається проникнення твердіючої рідини в мікро- і макродефекти ниток із заповненням всього об'єму (рис. 3).



а *б*

Рис. 3 - РЕМ - зображення поперечного (а) і поздовжнього (б) зрізів склофібробетонних зразків (довжина маркера на фотографії відповідає 5 мкм); 1 - скловолокно, 2 - ділянки твердіючої рідини.

У поперечному зрізі видно вкриті суцільною полімерною плівкою волокна з характерними горбистими заповненнями нерівностей на поверхні волокон і відносно рівномірним їх розподілом в обсязі матеріалу. Поздовжній зріз демонструє

утворення на поверхні волокон плівку, товщиною менше 1 мкм.

Повнота просочення склофібробетону в найкоротші терміни дозволяє додатково синтезувати в поровому просторі цементного каменю і на поверхні фібри нерозчинні або важкорозчинні гідросилікати кальцію, які захищають капіляри від доступу води, а волокнисті наповнювачі - від руйнування в лужному середовищі. При надлишку волокна і відсутності твердіючої рідини цілісність кристалічної обойми на поверхні фібри порушується, відбувається її розчинення, збільшується пористість, що призводить до зниження міцності і втрати гідроізоляційних властивостей (рис. 4).

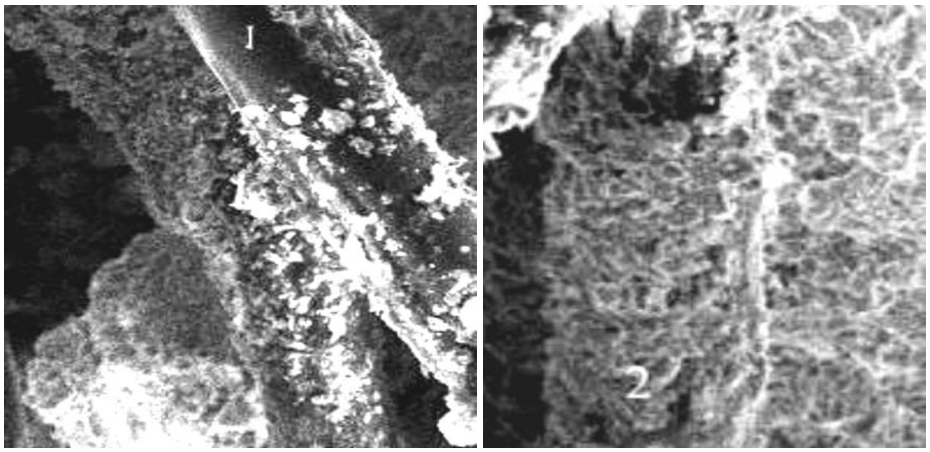


Рис.4 - Електронна мікрофотографія скловолокна в структурі цементного каменю, просоченого твердіючою рідиною:
1 - волокно в бетоні без просочення з порушеною цілісністю кристалічної обойми; 2 - волокно в бетоні з просоченням, покрите кристалогідратами, що утворюють безперервну структуру з цементним каменем.

Висновки. З метою скорочення термінів і підвищення повноти просочення майже до 100%, на підставі формул (2) - (5), використано комплексний режим інтенсивного просочення відкритого порового простору склофібробетону. Даний режим просочення включає наступні операції:

1. Фібробетон розміщується в камері просочення і піддається вакуумуванню до величини залишкового тиску P_1.

2. Просочувальне рідке скло подається в герметичну вакуум-камеру через розпилювач і піддається дегазації до досягнення камерою залишкового тиску P_2 ($P_1 > P_2$).

3. Дегазоване рідке скло подається в камеру просочення до повного покриття їм фібробетонного виробу.

4. У камері просочення створюється надлишковий тиск $P_{дв}$, під дією якого відбувається просочення відкритого порового простору фібробетонного виробу.

Експерименти показали, що процес просочення інтенсивним способом фібробетонних фасадних панелей рідким склом забезпечує повноту просочення протягом 20-30 хв, збільшення $K_у$ в 1,5 рази, при цьому максимальні значення $K_{у(зг)} = 4,0$ і $K_{у(ст)} = 2,38$ і скорочення часу просочення з 8 годин до 0,5 години. Просочені фібробетонні панелі дозволяють прискорювати терміни будівництва і мінімізувати витрати на створення оригінального і міцного фасаду будівлі.

Список літератури

1. Mehta, P. K. and Monteiro, P. J. Concrete: Microstructure, Properties and Materials. 3rd ed. London: McGraw-Hill; 2006.

2. Asamoto S., Ishida T., Maekawa K. Time-Dependent Constitutive Model of Solidifying Concrete Based on Thermodynamic State of Moisture in Fine Pores. // Journal of Advanced Concrete Technology, 2006. - 4 (2). – pp. 301-323.

3. Демешкин А. Г., Шваб А. А. Влияние агрессивной щелочной среды на прочностные свойства технических волокон. Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2013. № 2 (31). С.36-41.

4. Рабинович Ф.Н. Прогнозирование изменений во времени прочности стеклофибробетонных композитов // Стекло и керамика. — 2003 — №2. -С.24-27.

5. Салия Г.Ш., Шагин А.Л., Бетонные конструкции с неметаллическим армированием. М.: Стройиздат, 1990, 144 с.

6. Фибробетон и его применение в строительстве / Под. ред. Б.А. Крылова. -2001.-214 с.

7. Shrikant Harle. Glass Fiber Reinforced Concrete & Its Properties. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. 2014. 3(1). Pp. 118-120.

8. Сопов В. П., Гуркаленко В. А., Мартынова К. Г. Взаимосвязь процессов коррозии бетона с характеристиками микроструктуры. // Науковий вісник будівництва. - 2014. - № 76. - С. 215-220.

9. Вандаловский А.Г., Токарев М.Н. Физика процесса пропитки капиллярно-пористых тел. // Науковий вісник будівництва, вип. 36. ХДТУБА, Харків, 2006, с.55-60.

10. Баженов Ю.М., Угинчус Д.А., Улитина Г.А. Бетонополимерные материалы и изделия. К., «Будівельник», 1978, – 89с.

11. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Рецептурно-технологические поля свойств материала в компьютерном строительном материаловедении // Строительные материалы, 2006. – №7. – С.8-11.

12. Мчедлов-Петросян О.П. Повышение долговечности бетонных и железобетонных конструкций путем их поверхностной пропитки / О.П. Мчедлов-Петросян, В.Л. Чернявский, В.В. Савенков – М.: Труды «Водгео», Гидротехника, 1975. – № 55. – 77–84с.

13. Скрамтаев Б. Г. О вакуумировании бетона / Б. Г. Скрамтаев // Бетон и железобетон. – 1965. – № 12. – С. 42 − 44.

14. Сторожук Н. А. Теоретические исследования по вакуумированию бетонных смесей // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2012. – № 2 − 3. – С. 32 − 38.

Хакимов Дилмурод Валижон угли
докторант,
Андижанский машиностроительный институт

ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В СИСТЕМЕ KPI

Khakimov Dilmurod Valijon ugli
scientific researcher,
Andijan Machine-Building Institute

FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE PERSONNEL MANAGEMENT MECHANISM IN THE KPI SYSTEM

Аннотация. Многие аналитики отмечают, что в современном производстве управление персоналом и расширение возможностей могут внести существенный вклад в повышение производительности. Связи с этом разработана ряд методов для достижения эффективностей, но эффективность производство основана на фактах, а повышать способность сотрудника связана со стратегическими целями компании, путем внедрения «Ключевые показатели эффективности, KPI» который описана в этой статье.

В результате исследований видно, что внедрение KPI на предприятиях является способом применения для достижения целей предприятия на плановой основе. В основном этой статье рассказывается о введении KPI на производстве и конечно полезные функции метода KPI для роста профессионального работника в производстве.

Annotation. Many analysts point out that in modern manufacturing, personnel management and empowerment can make a significant contribution to improving productivity. Due to this, a number of methods have been developed to achieve efficiency, but production efficiency is based on facts, and enhancing the ability of an employee is related to the strategic goals of the company through the introduction of Key Performance Indicators, KPI, which is described in this article.

As a result of the research, it is clear that the introduction of KPI in enterprises is a method of application for achieving the goals of the enterprise on a planned basis. This article mainly focuses on the introduction of KPIs in production and of course the useful functions of the KPI method for the growth of a professional worker in production.

Ключевые слова: Технология, эффективность, показатель, результат, запаздывающие, опережающие, разработка, мотивация, методология.

Key words: Technology, efficiency, indicator, result, delayed, advanced, development, motivation, methodology.

Традиционные методы, такие как «классическая» аттестация персонала, уже не отвечают требованиям сегодняшнего дня. Чтобы преуспеть в мире современного бизнеса, предприятиям необходимы инновационные средства и методы управления, ориентированные на постановку целей и определение персональной ответственности сотрудников. Технология управления по целям, подкрепленная грамотными материальными стимулами, помогает мотивировать персонал на новые грандиозные достижения и креативное самосовершенствование.

Современного Целевого управления (системы KPI) и материальной мотивации на достижение целей (на базе KPI) позволяют производить контроль деловой активности сотрудников, подразделений и компании в целом.

Ключевые показатели эффективности (англ. *Key Performance Indicators, KPI*) — показатели деятельности подразделения (предприятия), которые помогают организации в достижении стратегических и тактических (операционных) целей. Использование ключевых показателей эффективности даёт организации

возможность оценить своё состояние и помочь в оценке реализации стратегии. Для термина «key performance indicators (KPI)» зачастую используется русский перевод «ключевые показатели эффективности» (КПЭ), однако это не совсем верно [1].

С переводом по смыслу слов key (ключевой, характеризующий степень достижения какой-либо цели, существенный для работы одной из областей деятельности компании) и indicator (индикатор, показатель) проблем не возникает, но слово performance невозможно однозначно трактовать, хотя технически, это «производительность, КПД». Правильную формулировку можно найти в стандарте ISO 9000:2008. Он разделяет слово performance на два термина: результативность и эффективность. По стандарту, результативность — это степень достижения запланированных результатов (способность компании ориентироваться на результат), а эффективность — соотношение между достигнутыми результатами и затраченными ресурсами (способность компании к реализации своих целей и планов с заданным качественным уровнем, выраженным определёнными требованиями – временем, затратами, степенью достижения цели). Слово performance объединяет в себе и результативность, и эффективность. Таким образом, правильным переводом термина KPI будет «ключевой показатель результата деятельности», так как результат деятельности содержит в себе и степень достижения, и затраты на получение результата [1].

Система формирования переменной части денежного вознаграждения на базе KPI стимулирует сотрудника к достижению высоких индивидуальных результатов, а также к увеличению его вклада в коллективные результаты и достижения, в выполнение стратегических целей компании. При этом показатели KPI в системе формирования переменной части заработной платы на базе KPI должны быть достаточно просты и понятны сотрудникам, а размеры переменной части компенсационного пакета – экономически обоснованные. [2]

KPI — это инструмент измерения степени реализации поставленных целей. Если показатель, который вы придумали, не связан с целью, то есть не образуется исходя из её содержания, тогда его бессмысленно использовать.

KPI это не Ключевые факторы успеха. В примере выше, ключевыми факторами успеха будет что-либо, что необходимо, чтобы достичь указанной цели, например, организация производства нового продукта.

Ключевые показатели эффективности можно разделить на:

- запаздывающие — отражают результаты деятельности по истечении периода;
- опережающие — дают возможность управлять ситуацией в пределах отчётного периода с целью достижения заданных результатов по его истечении.

К запаздывающим относятся финансовые показатели. Финансовые показатели демонстрируют связь с желаниями собственника и возможностями компании генерировать денежные потоки, однако в силу своего запаздывающего характера не могут описывать текущую эффективность подразделений и компании в целом [3].

Оперативные (опережающие) показатели рассказывают о текущей деятельности подразделений и компании в целом, параллельно и косвенно отвечая на вопросы о том, какие денежные потоки могут быть в будущем, а также каково качество процессов и продукции, степень удовлетворённости заказчиков[3].

Ключевые показатели эффективности являются частью системы сбалансированных показателей, в которой устанавливаются причинно-следственные связи между целями и показателями для того, чтобы видеть закономерности и взаимные факторы влияния в бизнесе — зависимости одних показателей (результатов деятельности) от других.

Наиболее актуально использование понятия KPI в управлении бизнес-процессами: KPI являются измерителями результативности, эффективности, производительности бизнес-процессов.

Выделяются следующие виды ключевых показателей:

1. **KPI результата** — сколько и какой результат произвели;
2. **KPI затрат** — сколько ресурсов было затрачено;
3. **KPI функционирования** — показатели выполнения бизнес-процессов (позволяет оценить соответствие процесса требуемому алгоритму его выполнения);
4. **KPI производительности** — производные показатели, характеризующие соотношение между полученным результатом и временем, затраченным на его получение;
5. **KPI эффективности** (показатели эффективности) — это производные показатели, характеризующие соотношение полученного результата к затратам ресурсов.

При разработке показателей процесса необходимо придерживаться следующих правил:

1. Набор показателей должен содержать минимально необходимое их количество для обеспечения полноценного управления бизнес-процессом;
2. Каждый показатель должен быть измерим;

Стоимость измерения показателя не должна превышать управленческий эффект от использования данного показателя.

Разработку KPI рекомендуется провести в ряд этапов[4]:

1. Предпроектные работы:

- Получение одобрения и поддержки высших руководителей.
- Инициирование и планирование проекта.
- Создание проектной группы.

- Проведение предпроектного исследования.

2. Разработка методологии системы KPI:

- Оптимизация организационной структуры.
- Разработка методической модели.
- Разработка процесса управления компанией на основе KPI
- Разработка системы нормативно-методической документации (регламентация).

3. Разработка информационной системы KPI:

- Разработка ТЗ для настройки (программирования) информационной системы.
- Настройка (программирование) информационной системы.
- Обучение пользователей.
- Проведение опытной эксплуатации.

4. Завершение проекта. Ввод системы KPI (методологии и информационной системы) в промышленную эксплуатацию.

При разработке методологии KPI важно акцентировать внимание на:

1. Изменения корпоративной культуры и организация процессов
2. Разработке целостной стратегии развития KPI
3. Разъяснении персоналу достоинств KPI
4. Идентификации общекорпоративных КФУ
5. Выборе решающих KPI для всей организации
6. Разработке структуры отчетности для всех уровней
7. Координации применения решающих KPI
8. Уточнении KPI для поддержания их актуальности.

Поскольку KPI являются измерителями результата и затрат, то они могут использоваться при планировании и контроле деятельности как элементы плана.

Пример:

Показатели, значения которых могут выступать в качестве элементов плана для Отдела материально-технического обеспечения:

- % своевременного выполнения заявок на ТМЦ — 99%;
- % ТМЦ надлежащего качества, поступивших в производство, — 100%.

После осуществления деятельности, измеряются и фиксируются фактические значения показателей. При серьезных отклонениях фактических значений от плановых в худшую сторону необходимо провести анализ деятельности и разработать корректирующие мероприятия.

Преимущества использования системы KPI в обычной деятельности компании: планирование и анализ деятельности осуществляются на основе тех результатов, которые нужны бизнес-системе. Все показатели не выдуманы абстрактно, а «произошли» от процесса, который закрепляет необходимую системе деятельность. Если же планирование происходит само по себе, в отрыве от реальной деятельности, то зачастую выбор показателей и их целевых значений не способствует достижению основных целей организации, а является произвольным и не всегда обоснованным.

Мотивация персонала

При внедрении KPI становится четкой и прозрачной система мотивации: поскольку фиксируются плановые и фактические значения, то руководителю ясно, за что и как мотивировать сотрудника. Тот, в свою очередь, хорошо понимает, при каких условиях и какое вознаграждение он получит, а за что его ожидает взыскание.

Пример:

Начальник отдела снабжения:

- Премируется за успешное достижение запланированных показателей эффективности и результативности;
- Депремируется за невыполнение показателей деятельности (срыв сроков сдачи проекта бюджета в финансовое управление);

Таким образом, благодаря системе KPI компания вознаграждает сотрудника за получение нужных ей результатов, а сотрудник заинтересован в получении результатов наравне с компанией.

Показатели эффективности функционирования и развития машиностроения.

Показатели эффективности и функционирования определяются качеством произведенного оборудования машиностроения. Есть еще несколько факторов, влияющих на показатели машиностроения: Современные тенденции развития рынка Организация промышленных объединений, направленных на производство качественной и конкурентоспособной продукции. Для того, чтобы своевременно и эффективно отслеживать показатели эффективности машиностроительных предприятий, была разработана «система ключевых показателей эффективности» (KPI). Даная система сосредоточенна на всех аспектах работы предприятия, а также учитывает влияние и потребности внешних факторов и внутренних показателей.

Замечание 1. *Система KPI предназначена лишь для выявления результатов, она не решает проблем, а лишь указывает места недочетов, стимулируя к углубленному анализа таких факторов, как принятые решения начальников, воздействия, оказанные на финансовые и другие показатели.*

Учитывая это, KPI можно представить, как набор выстроенных показателей, которые позволяют оценить динамику развития предприятия и его достижения на каждом уровне управления, к тому же помогает выявить проблемы. KPI имеют количественные измерения, позволяющие оценивать достижения в динамике.

При изучении KPI зарубежных стран можно сделать выводы, что в них включены финансовые показатели, такие как выручка от реализации,

добавленная стоимость, чистая прибыль, портфель заказов и т.п.

Так же в зависимости от сферы деятельности предприятия KPI может включать в себя специфические показатели. К примеру электрогенерирующие компании включают в свой KPI такие показатели как: топливные и смежные издержки на единицу производственной энергии, выполнение графика ввода мощностей и др.

В KPI нефтегазовых компаний входят такие показатели как: утечка нефти, перерабатывающая способность и др.

KPI в зарубежных странах разрабатывается для каждой отрасли отдельно, общей методологии нет.

Список использованной литературы

1. Панов М. М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе KPI. — М.: Инфра-М, 2013. — 255 с. — (Просто, Кратко, Быстро). — 500 экз. — ISBN 978-5-16-005781-1.

2. Клочков А. К. KPI и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов. — Эксмо, 2010. 160 с. — ISBN 978-5-699-37901-9.

3. David Parmenter. Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPI's. — New Jersey, USA: John Wiley & Sons, inc., 2007. — С. 233. — ISBN 0-470-09588-1 (англ.).

4. Ильясов Ф. Н. Тарифная сетка, система грейдов на основе закона Вебера // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2012. №6. С. 128-135.

5. Гличев, А. В. Очерки по экономике и организации управления качеством продукции [Текст] / А. В. Гличев // Стандарты и качество. - 2015.-№4.- С. 50-53.

Квалиметрический подход к оценке показателей качества продукции [Текст] // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2015. – Т.1- С. 5-8.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bykovsky A. A.
Design Engineer,
Kaluga branch of JSC NPO them. S.A. Lavochkina
Kaluga city, Russian Federation

CALCULATION OF THE OWN ELECTRIC CAPACITANCE OF THE INDUCTOR AND DETERMINATION OF THE OPTIMAL FORM FACTOR OF THE OSCILLATOR COIL

Быковский А. А.
Инженер-конструктор,
калужский филиал АО НПО им. С.А. Лавочкина.
г. Калуга, Российская Федерация

РАСЧЕТ СОБСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМ-ФАКТОРА КАТУШКИ-ОСЦИЛЛЯТОРА

Abstract. The mathematical apparatus for calculating the intrinsic capacitance of the Tesla resonator transformer's oscillator coil is given, formulas are derived for calculating the capacitance of the oscillator coil's electrical capacitance for the resonance of the oscillator coil, and the intrinsic resonance frequency of the oscillator coil is compared with the resonance frequency of the Tesla transformer. The conclusion is drawn on the optimal ratio of the form factor in the oscillator coil.

Аннотация. Приведён математический аппарат для расчёта собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора резонансного трансформатора Тесла, проведён вывод формул для расчёта электрической ёмкости конденсатора подстройки под резонанс катушки-осциллятора, проведено сравнение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора с резонансной частотой трансформатора Тесла. Сделан вывод по оптимальному соотношению форм-фактора в катушке-осцилляторе.

Keywords: Resonant electrical engineering, Tesla resonant transformer, oscillator coil, natural resonant frequency, form factor, resonant frequency, electric capacitance.

Ключевые слова: Резонансная электротехника, резонансный трансформатор Тесла, катушка-осциллятор, собственная резонансная частота, форм-фактор, резонансная частота, электрическая ёмкость.

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими задачами

Конструктивно резонансный трансформатор Тесла (далее – РТТ) представляет собой две соосных катушки, находящихся на одном основании и отделённых друг от друга электрически слоем диэлектрика (например, воздух или трансформаторное масло). Первая катушка РТТ (носит также название «катушка накачки») выполнена из толстого многожильного провода (например, литцендрата) в изоляции и имеет несколько витков (от одного до четырех-пяти). Вторая катушка РТТ (носит также название «катушка-осциллятор») находится внутри катушки-накачки (меньше диаметром) и выполнена из тонкого одножильного провода в изоляции, намотанного в виде спирали виток-к-витку с малым шагом (отношение длины окружности одного витка в сотни раз превосходит шаг спирали намотки) и имеет большое количество витков, в сотни раз превышающее количество витков катушки накачки.

Данное конструктивное исполнение РТТ позволяет его эффективно использовать для резонансных способов передачи электрической энергии на расстояние. Резонансные способы передачи электрической энергии [1,2] позволяют передавать плотность электрической энергии ($\frac{\text{Ампер}}{\text{мм}^2}$) по сечению провода в сотни раз превышающую плотность электрической энергии, передаваемой классическим способом из-за отсутствия джоулевых потерь (нагрева) в материале провода.

В современной электротехнике и, в частности, электропередачи, актуально стоит задача увеличения плотности тока на единицу площади поперечного сечения проводника. Данную задачу современные учёные пытаются решить при помощи холодной сверхпроводимости.

Технической сложностью является то, что сверхпроводящие материалы максимально проводят электричество только при сохранении ниже заданной температуры, называемой температурой перехода. Недостатком всех устройств является необходимость охлаждения в процессе работы, что требует затрат энергии. Для известных в настоящее время практических сверхпроводников температура значительно ниже 77 Кельвина, температуры жидкого азота. Удержание их ниже этой температуры связано с большим количеством дорогостоящей криогенной технологии. Таким образом, сверхпроводники все

еще не появляются в большинстве бытовой электроники. Следствием этого является то, что количество сэкономленной энергии меньше количества затраченной энергии на охлаждение. То есть низкотемпературные сверхпроводники пока себя не оправдывают экономически.

Однако пилотные проекты такой электропередачи действуют в Европейском союзе, США и Японии:

- 600 метров, 138 кВ, Нью-Йорк, США, разработчик AMSC;
- 1700 метров, 13,8 кВ, Новый Орлеан, США, разработчик Ultera;
- 250 метров, 64 кВ, Йокосука, Япония, разработчик Super-ACE;
- 6000 метров, 50 кВ, Амстердам, Нидерланды, разработчик Ultera.

Кроме того, сверхпроводники используются в сетевых устройствах (трансформаторы, ограничители тока) и индуктивных накопителях энергии [3].

Альтернативный резонансный способ электропередачи устраняет необходимость затраты электроэнергии на охлаждение, поскольку обладает свойством сверхпроводимости при комнатной температуре!

В резонансных системах передачи электрической энергии отсутствует нагрев (пожаробезопасность), в принципе невозможно появление такого явления как короткое замыкание (нет второго, обратного провода – в резонансной системе ток течет в одном направлении – от источника к потребителю). Сложна задача несанкционированного съема электрической энергии с резонансных линий электропередачи. Материал проводника в резонансных линиях электропередачи может быть более дешёвым и более прочным чем медь (например, сталь).

Все вышеперечисленные преимущества открывают возможности для качественно-инновационного развития в области электротехники и электропередачи.

Однако в резонансных системах передачи электрической энергии особую важность приобретает подстройка всех электрических параметров элементов системы (прежде всего индуктивности и электрической емкости) к необходимым резонансным значениям.

Именно поэтому вопрос точного определения собственной ёмкости катушки индуктивности (катушки-осциллятора в РТТ прежде всего) становится весьма актуальным при расчете резонансных систем получения, передачи и применения электрической энергии.

Анализ последних исследований и публикаций

В конце XIX века было обнаружено, что катушка индуктивности имеет помимо индуктивности ещё и собственную электрическую ёмкость [7]. На высоких частотах (выше 10^4 Гц) катушка индуктивности входит в резонанс при отсутствии внешней электрической ёмкости. Очевидно, что это происходит по причине наличия у катушки собственной ёмкости, которая может быть определена из широко известной формулы Томпсона [например: 1, стр. 61]:

$$C_{\text{рез}-0} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_{\text{рез}-0}^2 \cdot L_{\text{КО}}} \quad (1)$$

Где C_0 – собственная ёмкость катушки-осциллятора, в Фарадах;

$f_{\text{рез}}$ – собственная резонансная частота колебаний катушки-осциллятора, в Герцах;

$L_{\text{КО}}$ – индуктивность катушки-осциллятора, в Генри.

Расчетные значения собственной ёмкости катушки-осциллятора составляют весьма незначительные величины (порядка десятков и единиц пикофарада). Тем не менее, собственная ёмкость катушки, что будет показано ниже расчётами, может даже превышать резонансную ёмкость РТТ. Такие значения собственной ёмкости катушки-осциллятора в РТТ кардинально влияют на отстройку от резонансной частоты всего РТТ, и в расчёте резонансных электрических параметров РТТ её абсолютно необходимо учитывать.

Важность правильного расчёта собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора подтверждают данные, полученные из эксперимента [1, стр.25 и 154]: *«Если в классической электротехнике, основанной на использовании активного тока в замкнутой цепи, при изменении частоты на 2% передаваемая мощность изменяется незначительно, то в резонансной электротехнике, основанной на использовании реактивного тока в разомкнутой цепи, при изменении частоты на 2% передаваемая мощность снижается до нуля».*

История сложности вопроса определения формулы, по которой можно точно определить собственную емкость катушки индуктивности, подробно изложена в [9]. Из анализа этой статьи можно сделать выводы:

1. Катушка индуктивности – это линия передачи с распределенной собственной емкостью по высоте катушки (длина линии передачи есть высота катушки)
2. Собственная емкость катушки индуктивности значительно зависит от отношения её высоты к диаметру (форм-фактор катушки);
3. Собственная емкость катушки индуктивности практически не зависит от межвиткового расстояния (не существует межвитковой ёмкости, т.е. статической ёмкости, которая предположительно существует между витками)
4. Собственный резонанс катушки индуктивности связан с её длиной провода нелинейно
5. Не учитывать влияние частоты на собственную емкость, можно в случае, если катушка работает на частотах, не превышающей половины от частоты её собственного резонанса. Это связано с тем, что плотность тока во всех витках не будет одинакова при резонансе

6. Собственная ёмкость катушки индуктивности есть интегральная погонная ёмкость длинной линии, и зависит от длины и формы намотки проводника.

7. Катушка является оптимальной в плане минимального значения собственной ёмкости при соотношении высоты катушки к её диаметру: $\frac{H}{D} \approx 1$

8. Меняя межвитковое расстояние (шаг намотки) меняется индуктивность катушки, но не её собственная емкость – соседние витки взаимодействуют друг с другом преимущественно через магнитное поле, а не через электрическое.

Выделение нерешённых ранее частей общей проблемы

Однако как в данной подробной статье [9], так и в другой [8] (где приведена весьма точная формула Р. Вивера (Robert Weaver) по расчету собственной индуктивности катушки), единой формулы для расчета собственной емкости катушки нет.

Более того, в классической электротехнике довольно часто встречается ошибка при определении собственной ёмкости катушки индуктивности как функции от межвиткового расстояния, например [4, стр.95].

Кроме того, формула, которая соответствует всем восьми выводам из статьи [8] и которая приведена в [10, стр. 12] неточна.

$$C_{\text{рез}-0} = 10^{-10} \cdot \left(0{,}1126 \cdot \frac{H}{D} + 0{,}08 + 0{,}27 \cdot \sqrt{\frac{D}{H}}\right) \cdot D \quad (2)$$

где $C_{\text{рез}-0}$ – собственная резонансная емкость катушки-осциллятора РТТ, в Фарадах;

H – высота катушки-осциллятора, в метрах;
D – диаметр катушки-осциллятора, в метрах.

Формулирование целей статьи

Автор ставит своей целью в данной статье:

- привести математический аппарат для расчёта собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора резонансного трансформатора Тесла;
- осуществить вывод формул для расчёта электрической ёмкости конденсатора подстройки под резонанс катушки-осциллятора;
- провести сравнение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора с резонансной частотой трансформатора Тесла;
- сделать вывод по оптимальному соотношению форм-фактора в катушке-осцилляторе.

Изложение основного материала

В источнике [10, стр. 8] используется *«аналитическое выражения для волнового сопротивления винтового волновода возле четвертьволнового резонанса»*:

$$Z_{0-c} = \frac{60}{V_f} \cdot \left[ln\left(\frac{4 \cdot H}{D}\right) - 1\right] \quad (3)$$

«Винтовой волновод возле четверть-волнового резонанса» это тоже самое, что катушка-осциллятор резонансного трансформатора Тесла.

V_f это коэффициент замедления электромагнитной волны (то же самое что K_v) [6]:

$$K_v = \frac{\pi \cdot H}{2 \cdot l} \quad (4)$$

Относительно формулы (3) для определения собственного волнового сопротивления катушки-осциллятора необходимо сделать два уточнения.

Во-первых, формула (3) для четверть-волнового резонатора (катушки-осциллятора) действительно может быть применена, так как электромагнитная волна движется от низа $(H = 0)$ к верху катушки $(H = H)$ по поверхности волновода, а точнее, по полу-виткам диэлектрика провода (подробнее об этом см. в [6]), тем самым повторяя движение электромагнитной волны по проводу длиной H цилиндрического сечения диаметром D.

Во-вторых, значение $\left[ln\left(\frac{4 \cdot H}{D}\right) - 1\right]$ является точным лишь для длинного провода $(H \gg D)$, чем, по сути, не является катушка-осциллятор, в которой соотношение $\frac{H}{D} \leq 1, \frac{H}{D} \geq 1$, но никак не $\frac{H}{D} \gg 1$.

Тем более, что при $\frac{4 \cdot H}{D} = e$ (число Эйлера $e \approx 2{,}71828$) значение $\left[ln\left(\frac{4 \cdot H}{D}\right) - 1\right]$ приобретает асимптотический разрыв, порождая в умах недостаточно подготовленных исследователей так называемую «отрицательную индуктивность» (при $\frac{4 \cdot H}{D} < e$ значение волнового сопротивления и, как следствие, индуктивность приобретают отрицательные значения). А речь идет просто о неприменимости формулы (3) для расчета коротких проводов.

Согласно [5, стр. 93] индуктивность короткого провода круглого сечения из немагнитного материала определяется формулой:

$$L = 2 \cdot 10^{-7} \cdot l \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot l}{d} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right)^2 + 1} \right) + \frac{l}{2 \cdot d} - \sqrt{\left(\frac{l}{2 \cdot d}\right)^2 + 1} \right] \quad (5),$$

где $l -$ длина провода, $d -$ диаметр провода.

Соответственно, применительно к формуле (3), исходя из формулы (5), значение волнового сопротивления катушки-осциллятора может быть записано:

$$Z_{0-c} = \frac{60}{K_v} \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right] \quad (6)$$

Подставляя значение формулы (4) в формулу (6) получаем формулу для определения собственного волнового сопротивления катушки-осциллятора:

$$Z_{0-c} = \frac{120 \cdot l}{\pi \cdot H} \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right] \quad (7)$$

Соответственно, используя для волнового сопротивления хорошо известное соотношение:

$$Z_{0-c} = \sqrt{\frac{L_{\text{КО}}}{C_{0-c}}} \quad (8)$$

Соответственно, из формулы (8) значение собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора составит величину:

$$C_{0-c} = \frac{L_{\text{КО}}}{Z_{0-c}^2} \quad (9)$$

Индуктивность $L_{\text{КО}}$ определяется по формуле: $L_{\text{КО}} = 10^{-7} \cdot \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot w^2}{H} \cdot K_a$ (10) [5, стр. 247], где $w -$ количество витков катушки-осциллятора.

Так как по теореме Пифагора для спирали: $l = \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + s^2}$ и в тоже время $\pi \cdot D \gg s$, то с большой степенью точности можно принять:

$$l = \pi \cdot D \cdot w \quad (11)$$

Тогда формула (10) примет вид:

$$L_{\text{КО}} = 10^{-7} \cdot \frac{l^2}{H} \cdot K_a \quad (12)$$

где K_a – коэффициент Нагаока Хантаро (Nagaoka Hantarō) (коэффициент форм-фактора катушки индуктивности).

Коэффициент Нагаока является функцией от отношения H к D: $K_a = f\left(\frac{H}{D}\right)$ и может быть определён:

- как по таблице 6-2 [5, стр. 250] для $\alpha = \frac{H}{D} \leq 1$, и по таблице 6-2 [5, стр. 251] для $\alpha = \frac{H}{D} \geq 1$, где $\alpha -$ коэффициент форм-фактора;
- так и по весьма точной формуле Харольда Вилера (Harold Alden Wheeler) [11]:

$$K_a = \frac{2 \cdot \alpha}{\pi} \cdot \left[\ln\left(1 + \frac{\pi}{2 \cdot \alpha}\right) + \frac{1}{2{,}3004 + 3{,}437 \cdot \alpha + 1{,}7636 \cdot \alpha^2 - \frac{0{,}47}{\left(0{,}755 + \frac{1}{\alpha}\right)^{1{,}44}}} \right] \quad (13)$$

Вывод формулы (13) приводится на сайте автора [13].

Подставляя в формулу (9) формулы (7) и (12) получим:

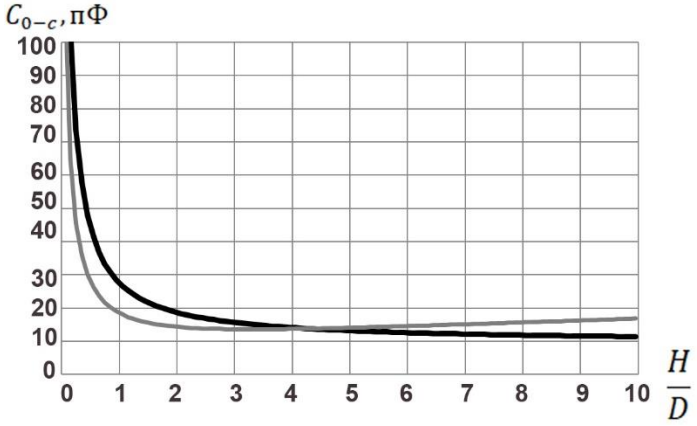
$$C_{0-c} = \frac{10^{-7} \cdot l^2 \cdot K_a \cdot \pi^2 \cdot H^2}{H \cdot 14400 \cdot l^2 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right]^2}$$

$$C_{0-c} = \frac{10^{-7} \cdot \pi^2 \cdot H \cdot K_a}{14400 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right]^2} \quad (14)$$

Значение собственной резонансной ёмкости катушки-осциллятора по формулам (2) и (14) получается разным.

Данная разница отображена на графике 1.

График 1. Сравнение значения собственной резонансной ёмкости катушки-осциллятора по формулам (2) и (14)



На данном графике:

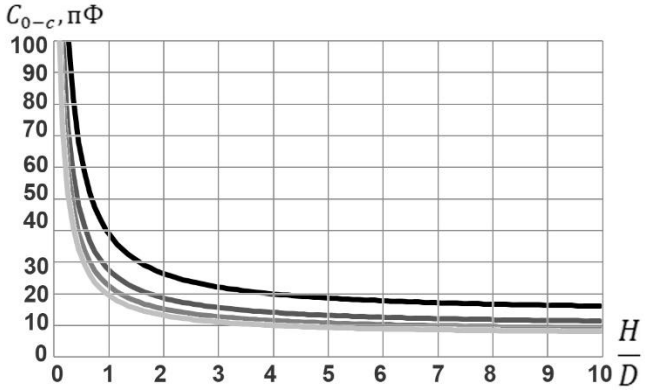
чёрной жирной линией отображена истинная зависимость собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора от форм-фактора, рассчитанная по формуле (14).

Серой линией отображена приближённая зависимость собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора от форм-фактора, рассчитанная по формуле (2).

Расчёт произведён для резонансной частоты $f_{\text{рез}} = 60$ кГц ($l = 1250$ м.); и для провода с диаметром жилы $d_{\text{Ж}} = 0{,}0003$ м.; и диаметром провода по изоляции $d_{\text{И}} = 0{,}000355$ м.; коэффициентом неплотности намотки [4, стр.90] $k_{\text{нн}} = 1{,}2$.

Зависимость собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора от её форм-фактора на разных резонансных частотах трансформатора Тесла представлена на графике 2.

График 2. Зависимость собственной электрической ёмкости катушки-осциллятора от её форм-фактора на разных резонансных частотах РТТ



Расчёт произведён для провода с диаметром жилы $d_{\text{Ж}} = 0{,}0003$ м.; и диаметром провода по изоляции $d_{\text{И}} = 0{,}000355$ м.; коэффициентом неплотности намотки $k_{\text{нн}} = 1{,}2$.

Верхняя 100%-чёрная линия - для резонансной частоты $f_{\text{рез}} = 30$ кГц ($l = 2500$ м.);

Вторая сверху 65%-чёрная линия - для резонансной частоты $f_{\text{рез}} = 60$ кГц ($l = 1250$ м.);

Третья сверху 50%-чёрная линия - для резонансной частоты $f_{\text{рез}} = 90$ кГц ($l = 833{,}333$ м.);

Нижняя 25%-чёрная линия - для резонансной частоты $f_{\text{рез}} = 120$ кГц ($l = 625$ м.).

Определим теперь значение резонансной ёмкости для катушки-осциллятора РТТ.

Резонансная частота РТТ определяется выражением:

$$f_{\text{рез}} = \frac{c}{4 \cdot l} \quad (15)$$

Где $c -$ скорость распространения электромагнитной волны (скорость света).

Также известно, что резонансная частота определяется по формуле Томсона:

$$f_{\text{рез}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L_{\text{КО}} \cdot C_{\text{рез}}}} \quad (16)$$

Сравнивая формулы (15) и (16) и подставляя в формулу (16) значение формулы (12) получаем:

$$\frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot l} = \frac{\sqrt{H}}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{10^{-7} \cdot l^2 \cdot K_a \cdot C_{\text{рез}}}}$$

$$\frac{9 \cdot 10^{16}}{4} = \frac{H}{\pi^2 \cdot 10^{-7} \cdot K_a \cdot C_{\text{рез}}}$$

$$C_{\text{рез}} = \frac{4 \cdot H}{9 \cdot 10^{16} \cdot \pi^2 \cdot 10^{-7} \cdot K_a}$$

$$C_{\text{рез}} = \frac{10^{-7} \cdot H}{225 \cdot \pi^2 \cdot K_a} \quad (17)$$

Соответственно, электрическая ёмкость конденсатора, которая требуется для подстройки катушки-осциллятора в резонанс с РТТ вычисляется по формуле [12, стр. 23]:

$$C_{\text{К}} = C_{\text{рез}} - C_{0-c} \quad (18)$$

Подставляя в формулу (18) формулы (17) и (14) получим:

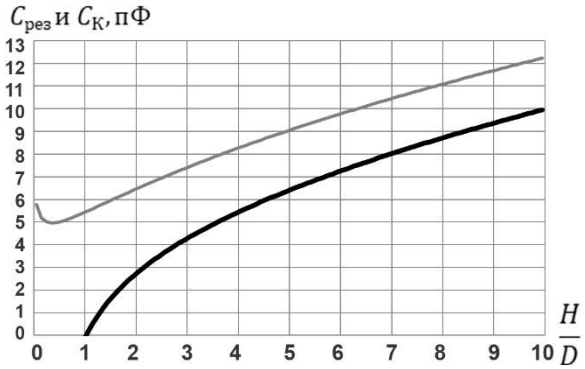
$$C_{\text{К}} = \frac{10^{-7} \cdot H}{225 \cdot \pi^2 \cdot K_a} - \frac{10^{-7} \cdot \pi^2 \cdot H \cdot K_a}{14400 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right]^2}$$

$$C_{\text{К}} = \frac{10^{-7} \cdot H}{225} \cdot \left(\frac{1}{\pi^2 \cdot K_a} - \frac{\pi^2 \cdot K_a}{64 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1} \right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1} \right]^2} \right) \quad (19)$$

Соответственно, ёмкость подстройки под резонанс РТТ конденсатора катушки-осциллятора определяется по формуле (19).

Отобразим на графике 3 соотношение резонансной ёмкости катушки-осциллятора и ёмкости конденсатора подстройки под резонанс.

График 3. Соотношение резонансной ёмкости катушки-осциллятора и ёмкости конденсатора подстройки под резонанс для $f_{\text{рез}} = 15$ кГц*; для провода с диаметром жилы* $d_{\text{Ж}} = 0{,}0003$ м.*; и диаметром провода по изоляции* $d_{\text{И}} = 0{,}000355$ м.*; коэффициентом неплотности намотки* $k_{\text{нн}} = 1{,}2$.



Из анализа графика 3 можно сделать вывод, что при $\alpha = \frac{H}{D} \approx 1{,}06782$ ёмкость конденсатора подстройки под резонанс $C_{\text{К}} = 0$, т.е. при данном форм-факторе катушки-осцилляторе внешний конденсатор не нужен! Резонансные частоты катушка-осциллятор и самого РТТ при данном форм-факторе совпадают.

Автор статьи выяснил, что при любом значении $f_{\text{рез}}$ выполняются следующие условия.

При $\alpha > 1{,}06782$ возникает необходимость наличия конденсатора подстройки под резонанс, значение его электрической ёмкости определяется по формуле (19).

При $\alpha < 1{,}06782$ катушку-осциллятор подстроить под резонанс с РТТ невозможно, поскольку отрицательной ёмкости конденсатора не существует в природе.

Следовательно, катушка-осциллятор должна изначально проектироваться с форм-фактором $\alpha \geq 1{,}06782$. И весьма желательно чтобы $\alpha = 1{,}06782$ (в этом случае не нужна добавочная ёмкость конденсатора подстройки $C_{\text{К}}$).

Назовём величину $\alpha = 1{,}06782$ «Константой форм-фактора катушки-осциллятора».

На основе всех произведённых в этой статье заключений, произведём сравнение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора с резонансной частотой трансформатора Тесла.

Согласно формуле Томсона:

$$\frac{f_{0-C}}{f_{\text{рез}}} = \frac{\sqrt{L_{\text{К}} \cdot C_{\text{рез}}}}{\sqrt{L_{\text{К}} \cdot C_{0-c}}} = \sqrt{\frac{C_{\text{рез}}}{C_{0-c}}}$$

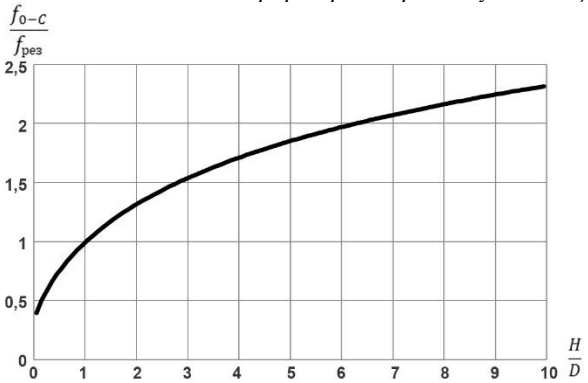
$$\frac{f_{0-C}}{f_{\text{рез}}} = \sqrt{\frac{H \cdot 14400 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1}\right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1}\right]^2}{225 \cdot \pi^2 \cdot K_a \cdot 10^{-7} \cdot \pi^2 \cdot H \cdot K_a}}$$

$$\frac{f_{0-C}}{f_{\text{рез}}} = \frac{8 \cdot \left[ln\left(\frac{2 \cdot H}{D} + \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H}{D}\right)^2 + 1}\right) + \frac{D}{2 \cdot H} - \sqrt{\left(\frac{D}{2 \cdot H}\right)^2 + 1}\right]}{\pi^2 \cdot K_a} \quad (20)$$

Отношение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора f_{0-C} к резонансной частоте РТТ $f_{\text{рез}}$ в зависимости от форм-фактора катушки-осциллятора представлено на графике 4.

Данная кривая отношения резонансных частот не зависит от резонансной частоты РТТ (длины провода катушки-осциллятора).

График 4. Отношение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора к резонансной частоте РТТ в зависимости от форм-фактора катушки-осциллятора.



Из графика видно, что при $\alpha = \frac{H}{D} \approx 1{,}06782$ $\frac{f_{0-C}}{f_{\text{рез}}} = 1$. Т.е. график 4 ещё раз подтверждает, что при таком форм-факторе частота собственного резонанса катушки-осциллятора совпадает с частотой резонанса РТТ.

Выводы из данного исследования и перспективы

собственная электрическая ёмкость катушки-осциллятора резонансного трансформатора Тесла вычисляется по формуле (14);

электрическая ёмкость конденсатора подстройки под резонанс катушки-осциллятора вычисляется по формуле (19);

сравнение собственной резонансной частоты катушки-осциллятора с резонансной частотой трансформатора Тесла производится по формуле (20);

Главный вывод: оптимальное соотношение форм-фактора катушки-осциллятора для любой резонансной частоты (длины провода катушки-осциллятора): $\alpha = 1{,}06782$.

Перспективой данного исследования является то, что определено универсальное значение (для любой резонансной частоты) коэффициента форм-фактора катушки-осциллятора, при котором можно отказаться от дополнительной электрической ёмкости подстройки под резонанс РТТ. Огромным плюсом отказа от дополнительной ёмкости будет отсутствие неизбежных допусков на электрическую ёмкость конденсатора по причине его отсутствия. Соответственно отсутствующие допуски не будут влиять на отстройку от резонанса РТТ катушки-осциллятора.

Список литературы

Монография:

1. Стребков Д.С., Некрасов А.И. Резонансные методы получения, передачи и применения электрической энергии. Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: ФБГНУ ФНАЦ ВИМ, 2018. - 572 с.

2. Шогенов А.Х. Теория электрических цепей: учеб. пособие для СПО / А.Х. Шогенов, Д.С. Стребков. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 248 с. – Серия: Профессиональное образование

3. Современная рыночная электроэнергетика Российской Федерации. 2-е издание. – М.: Издательство «Перо», - 396 с., стр.41

4. Радиодетали, радиокомпоненты и их расчет. Под ред. А.В. Коваля, М.: «Сов. Радио», 1977, 368 с.

5. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 488 с.: ил.

Электронный ресурс:

6. Быковский А.А., Андреев М.В. Физический смысл коэффициента замедления скорости электромагнитной волны в катушке-осцилляторе резонансного трансформатора Тесла // Научный альманах, № 6-1 (56), 2019 // http://www.ucom.ru/doc/na.2019.06.01.pdf

7. Частота собственного резонанса катушки / https://coil32.ru/self-resonance-frequency.html

8. Точный расчет однослойной катушки с произвольным шагом намотки/ https://coil32.ru/man/precise-helix.html

9. О собственной емкости однослойной катушки индуктивности / https://coil32.ru/self-capacitance.html

10. Высокочастотные катушки, винтовые резонаторы и увеличение напряжения из-за когерентных пространственных мод / http://halerman.narod.ru/Tesla/Voltage_Magnification.doc

11. Расчет индуктивности однослойной катушки / https://coil32.ru/man/onelayer-inductor.html

12. Mitch Tilbury. The ultimate tesla coil design and construction guide, 443 p. / http://bookfi.net/book/613556

13. Wheeler H.A. Numerical Methods for Inductance Calculation. Empirical Formulae - Wheeler's Continuous Inductance Formula / http://electronbunker.ca/eb/CalcMethods3b.html

#8 (48), 2019 część 2
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)
Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.
Częstotliwość: 12 wydań rocznie.
Format - A4, kolorowy druk
Wszystkie artykuły są recenzowane
Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.
Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood(University College London)

#8 (48), 2019 part 2
East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)
The journal is registered and published in Poland. The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.
Periodicity: 12 issues per year.
Format - A4, color printing
All articles are reviewed
Each author receives one free printed copy of the journal
Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor in chief - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

The scientific council

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood(University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Editor in chief - Adam Barczuk

1000 kopii.

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

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

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

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

http://eesa-journal.com/

1000 copies.

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

East European Scientific Journal

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

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

http://eesa-journal.com