

European Journal of Technical and Natural Sciences

Nº 2 2018

European Journal of Technical and Natural Sciences

Scientific journal
№ 2 2018

ISSN 2414-2352

Editor-in-chief Hong Han, China, Doctor of Engineering Sciences

International editorial board

Andronov Vladimir Anatolyevitch, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences
Bestugin Alexander Roaldovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences
S.R. Boselin Prabhu, India, Doctor of Engineering Sciences
Frolova Tatiana Vladimirovna, Ukraine, Doctor of Medicine
Inoyatova Flora Ilyasovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine
Kambur Maria Dmitrievna, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine
Kurdzeka Aliaksandr, Russia, Doctor of Veterinary Medicine
Khentov Viktor Yakovlevich, Russia, Doctor of Chemistry
Kushaliyev Kaiser Zhalitovich, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine
Mambetullaeva Svetlana Mirzamuraatovna, Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences
Manasaryan Grigoriy Genrihovich, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Martirosyan Vilen Akopovna, Armenia, Doctor of Engineering Sciences
Miryuk Olga Alexandrovna, Kazakhstan, Doctor of Engineering Sciences
Nagiyev Polad Yusif, Azerbaijan, Ph.D. of Agricultural Sciences
Nemikin Alexey Andreevich, Russia, Ph.D. of Agricultural Sciences
Nenko Nataliya Ivanovna, Russia, Doctor of Agricultural Sciences

Ogirko Igor Vasilievich, Ukraine, Doctor of Engineering Sciences
Platov Sergey Iosifovich, Russia, Doctor of Engineering Sciences
Rayiha Amenzade, Azerbaijan, Doctor of architecture
Shakhova Irina Aleksandrovna, Uzbekistan, Doctor of Medicine
Skopin Pavel Igorevich, Russia, Doctor of Medicine
Suleymanov Suleyman Fayzullaevich, Uzbekistan, Ph.D. of Medicine
Tegza Alexandra Alexeevna, Kazakhstan, Doctor of Veterinary Medicine
Zamazay Andrey Anatolievich, Ukraine, Doctor of Veterinary Medicine
Zhanadilov Shaizinda, Uzbekistan, Doctor of Medicine

Proofreading Kristin Theissen
Cover design Andreas Vogel
Additional design Stephan Friedman
Editorial office Premier Publishing s.r.o. Praha 8
– Karlín, Lyčkovo nám. 508/7, PSC 18600
E-mail: pub@ppublishing.org
Homepage: ppublishing.org

European Journal of Technical and Natural Sciences is an international, German/English/Russian language, peer-reviewed journal. It is published bimonthly with circulation of 1000 copies.

The decisive criterion for accepting a manuscript for publication is scientific quality. All research articles published in this journal have undergone a rigorous peer review. Based on initial screening by the editors, each paper is anonymized and reviewed by at least two anonymous referees. Recommending the articles for publishing, the reviewers confirm that in their opinion the submitted article contains important or new scientific results.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

Instructions for authors

Full instructions for manuscript preparation and submission can be found through the Premier Publishing s.r.o. home page at: <http://www.ppublishing.org>.

Material disclaimer

The opinions expressed in the conference proceedings do not necessarily reflect those of the Premier Publishing s.r.o., the editor, the editorial board, or the organization to which the authors are affiliated.

Premier Publishing s.r.o. is not responsible for the stylistic content of the article. The responsibility for the stylistic content lies on an author of an article.

Included to the open access repositories:



© Premier Publishing s.r.o.

All rights reserved; no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission of the Publisher.

Typeset in Berling by Ziegler Buchdruckerei, Linz, Austria.

Printed by Premier Publishing s.r.o., Vienna, Austria on acid-free paper.

Section 1. Biology

*Novruzov Eldar Novruz,
Dr. Sci., Head of the department Institute of Botany of ANAS,
Miryusifova Churaman Mirgasan,
research fellow, Institute of Physiology of ANAS,
Mustafayeva Latafat Ahad,
Dr. Sci., lead researcher of the Institute of Botany of ANAS,
Zeynalova Aydan Mirza,
PhD., student, of the Institute of Botany of ANAS,
Mamedov Zakir Guseyn,
Dr. Sci., Head of the department Institute of Physiology of ANAS
E-mail: zakphys@hotmail, com*

FEATURES OF THE EFFECT OF SAFFRON EXTRACT ON COHERENT COMMUNICATIONS STRUCTURES VISUAL BRAIN SYSTEM

Abstract: The effects of saffron extract (*Crocus sativus* L.) on the EEG of the Central structures of the visual analyzer in rabbits are considered. It is shown that the introduction of the drug into the lateral ventricles of the brain enhances coherent links between the visual cortex and subcortical centers of the analyzer in the theta and alpha ranges of EEG.

Keywords: visual system, EEG, saffron, coherent analysis.

*Новрузов Эльдар Новруз,
Док. биол. наук, заведующий отделом
института ботаники НАНА,
Мирюсифова Хураман Миргасан,
Научный сотрудник Института физиологии НАНА
Мустафаева Латафат Ахад,
Док. биол. наук, ведущий научный сотрудник
института ботаники НАНА,
Зейналова Айдан Мирза,
докторант, Института Ботаники НАНА*

Мамедов Закир Гусейн,
Док. биол. наук, заведующий отделом
института физиологии НАНА
E mail: zakphys@hotmail.com

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКТА ШАФРАНА НА КОГЕРЕНТНЫЕ СВЯЗИ СТРУКТУР ЗРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

*Работа выполнена при финансовой поддержке фонда
Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики.
Грант No EIF KETPL-2-2015-2(25)-56/42/3-M-46*

Аннотация: Рассмотрены эффекты влияния экстракта шафрана (*Crocus sativus* L.) на ЭЭГ центральных структур зрительного анализатора у кроликов. Показано, что введение препарата в боковые желудочки мозга усиливает когерентные связи между зрительной корой и подкорковыми центрами анализатора в тэта и альфа диапазонах ЭЭГ.

Ключевые слова: зрительная система, ЭЭГ, шафран, когерентный анализ.

Исследования механизмов нейромодуляции в последние годы приобретают особую значимость при решении вопросов оптимизации нервных процессов, как в норме, так и при развитии различного рода функциональных нарушений. По мере углубления существующих представлений о принципах организации нервных процессов, и совершенствования методов исследования выявляются все новые аспекты этой проблемы. Одним из таких аспектов является поиск эндо- и экзогенных механизмов направленной нейромодуляции активности различных функциональных систем мозга [2, 6].

Особый интерес с этой точки зрения представляет биологически активные компоненты шафрана (*Crocus sativus* L.). Известно, что шафран содержит красящие вещества, каротин, эфирное масло, в состав которого входят такие биологически активные соединения, как витамины, тиамин и рибофлавин, флавоноиды, изорамнетин, кемпферол и т.д. Считается, что экстракт шафрана действует возбуждающе на нервную систему, обладает способностью подавлять дегенеративные процессы в сетчатке глаза, усиливает активность фоторецепторов [1, 7, 8].

Вместе с тем следует подчеркнуть, что исследование влияния биологически активных соединений шафрана на механизмы нервной деятельности носят фрагментарный характер. Не до конца понятны не только клеточные, но и системные механизмы участия активных компонентов шафрана в регуляции пластических свойств мозга. С этой точки зрения особый интерес представляет исследование влияния экстракта шафрана на пространственно-временную организацию суммарной активности центральных структур зрительной системы мозга.

В настоящее время наиболее адекватным методом для решения подобных вопросов считается когерентный анализ ЭЭГ. Хотя в литературе и существуют разночтения по этому вопросу, тем не менее, когерентность потенциалов ЭЭГ в настоящее время широко используется для количественной оценки уровня синхронизации нервных процессов [3, 4]. Исходя из вышеизложенного, настоящее исследование посвящено влиянию экстракта шафрана (*Crocus sativus* L.) на распределение когерентных связей ЭЭГ структур зрительного анализатора.

Материал и методы исследования

Исследования проведены в условиях хронических экспериментов на 6 бодрствующих половозрелых кроликах весом 2,7–3,0 кг. Для регистрации ЭЭГ применяли нихромовые макроэлектроды, предварительно вживленные в различные структуры зрительной системы. Регистрацию потенциалов зрительной коры (ЗрК), верхних бугров четверохолмия (ВБЧ) и наружного коленчатого тела (НКТ) осуществляли в экранированной затемненной камере. Водный экстракт шафрана (*Crocus sativus* L.) вводили в боковые желудочки мозга в количестве 60–80 мкг исходя из концентрации 40,9 мкг/1,0 мл. Усредненные значения когерентности (Coh) для стандартных частотных диапазонов ЭЭГ (δ , θ , α , β_1 и β_2) вычислялись с помощью программного обеспе-

чения “Brainsys” (Россия). После завершения экспериментов животных подвергали эвтаназии для приготовления срезов мозга с целью верификации подкорковых электродов.

Результаты исследования и их обсуждение

На (рис. 1) представлены особенности распределения когерентных связей исследуемых структур в условиях спокойного бодрствования экспериментальных животных. Из приведенных данных видно, что для зрительной системы в период фоновой активности характерны невысокие когерентная связи между исследуемыми структурами. Значения когерентных связей находятся в пределах 0,5–0,6, при этом наиболее высокие значения Coh наблюдаются между ЗрК и НКТ в области низких частот ЭЭГ.

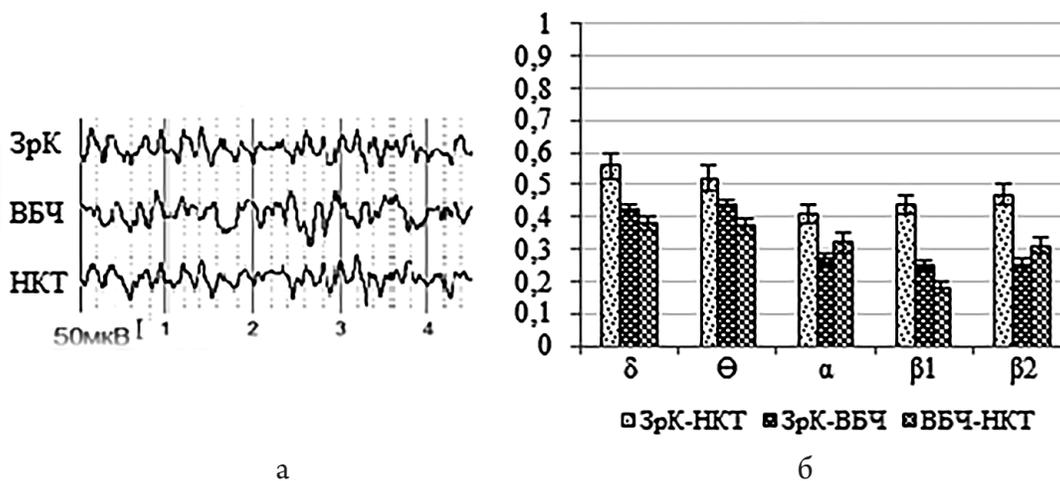


Рисунок 1. Особенности распределения когерентных связей ЭЭГ между различными структурами зрительного анализатора в условиях спокойного бодрствования у кроликов. А – суммарная активность, Б – распределение средних значений Coh по стандартным диапазонам ЭЭГ

Иная картина наблюдается при анализе связей после введения водного экстракта шафрана. В этой экспериментальной ситуации основные изменения пространственной организации потенциалов наступали спустя 5–10 мин и носили фазовый характер. Первичная фаза реакции характеризуется уменьшением величин Coh, наблюдается в первые минуты введения препарата и свидетельствует об уменьшении согласованности ЭЭГ процессов между структурами. Вторая

фаза реакции наступает спустя 5–10 минут после введения и сопровождается увеличением коррелированности потенциалов между корой и подкорковыми центрами анализатора. Особенности перераспределения когерентных связей в эту фазу реакции приведены на рис. 2. Из приведенных данных следует, что под влиянием экстракта шафрана значения Coh возрастают на всех исследуемых частотах, при этом более выражены связи ЗрК-ВБЧ и ЗрК-НКТ в области θ и α частот ЭЭГ.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о некоторых особенностях влияния водного экстракта шафрана на выраженность когерентных связей между

центрными структурами зрительного анализатора, характерные для состояния спокойного бодрствования у интактных кроликов.

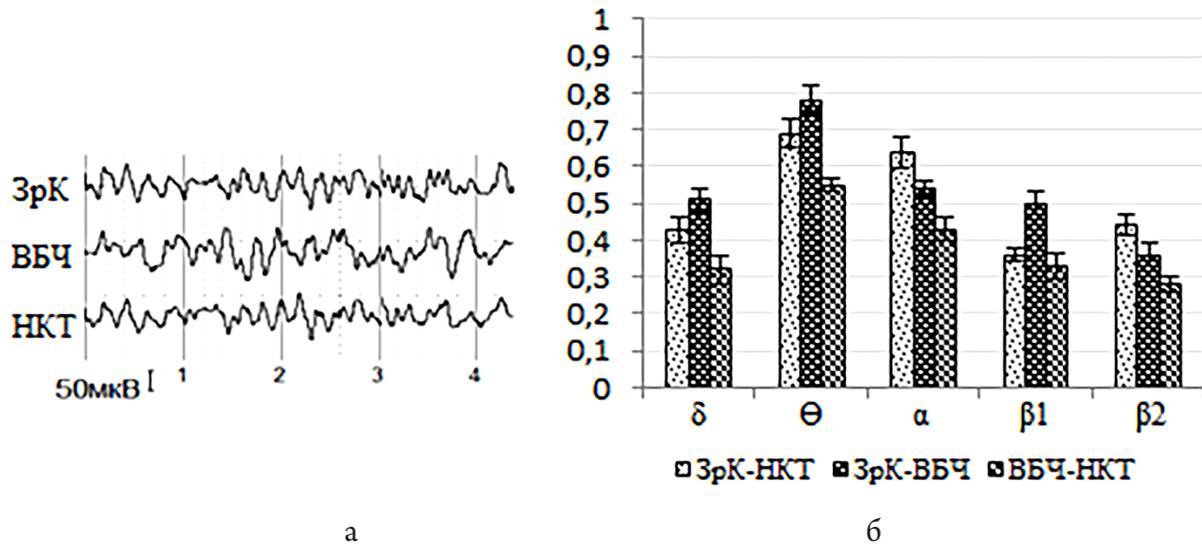


Рисунок 2. Влияние экстракта шафрана (*Crocus sativus* L.) на когерентные связи ЭЭГ между центральными структурами зрительного анализатора у кроликов. Обозначения как на рисунке 1

Ранее нами было показано, что электрическая стимуляция восходящей компоненты 5-НТ-ергической системы значительно реорганизует сложившуюся в фоне картину межструктурных связей в зрительной системе мозга. Представляет интерес тот факт, что, хотя частотный диапазон доминирующих межструктурных связей под влиянием шафрана и активации 5-НТ-ергической системы несколько различен, тем не менее, направленность наблюдаемых изменений в обоих случаях носит схожий характер [5].

Принято считать, что синхронность и когерентность потенциалов ЭЭГ определяются единым общемозговым фактором пространственно-временной сопряженности структур мозга

[4]. Поскольку электрическая активность мозга тесно связана с его функциональной деятельностью, то можно предположить, что особенности распределения когерентных связей отражают степень вовлеченности конкретной структуры в системную деятельность мозга. При этом оптимальный уровень CoH является одним из необходимых условий для нормального протекания нервных процессов. В целом результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что совокупность биологически активных соединений экстракта шафрана (*Crocus sativus* L.) может служить одним из факторов, способствующих направленной нейромодуляции в зрительной системе мозга.

Список литературы:

1. Abe K., Sugiura M., Yamaguchi S., Shoyama Y., Saito H. Saffron extract prevents acetaldehyde-induced inhibition of long-term potentiation in the rat dentate gyrus in vivo // *Brain Res.* – 1999; 851: 287–289.
2. Mamedov Z. G. Partisipation of biogenic monoamines in regulation of plastic properties in the neuronal membrane / 7th IBRO World Cong. of Neurosci. Jerusalem, Israel, – 2011. – 117 p.

3. Мельникова Т. С., Лапин И. А. Информативность использования когерентного анализа в психиатрии // Журн. «Функциональная диагностика», – 2009. – 1, – С. 88–93.
4. Мельникова Т. С., Алфимова М. В. Использование когерентного анализа ЭЭГ для выявления особенностей интегративной деятельности мозга // Успехи физиологических наук, – 2013. – Т. 44. – № 2. – С. 30–40.
5. Miryusifova Ch. M., Mohammadova S. I., Azizov A. A., Mammadov Z. G. The involvement of serotonin and noradrenaline in mechanisms of hypothalamic regulation of experimental dystrophy of the retina // South Asian Journal of Experimental Biology, – 2015. – Vol. 5 (4). – P. 137–142.
6. Moreau J. M., Ciriello J. Chronic intermittent hypoxia induces changes in expression of synaptic proteins in the nucleus of the solitary tract // Brain. Res. – 2015. – V. 4. – № 1. – P. 112–116.
7. Pham T. O., Cormier F., Farnworth E., Tong V. H., Van Calstern M. R. Antioxidant properties of crocin from *Gardenia jasminoides* Ellis and study of the reactions of crocin with linoleic acid and crocin with oxygen // J. Agricul. Food Chem. – 2000. – 48. – P. 1455–1461.
8. Sugiura M., Shoyama Y., Saito H., Abe K. Ethanol extract of *Crocus sativus* L. antagonizes the inhibitory action of ethanol on hippocampal long-term potentiation in vivo // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 1994. – 271. – P. 703–707.

*Eshkuvatov Abriy Kazimovich,
Kuliev Tojiddin Xamdamovich,
Qo'shiev Habibjon Hojiboboevich
Gulistan State University
E-mail: eshkuvatov.abriy@mail.ru*

INFLUENCE OF SOWING TERM AND NORMS ON WINTER CROP CAPACITY

Abstract: The following article outlines the results of research of influence of wheat sowing norms on crop capacity. There were recorded that sowing norms for winter wheat in Mirzachul conditions in October per hectare contained 5 million, in November 6 million and in December 6.5–7 million grains. The increase of sowing norms has a positive effect on winter wheat varieties in field conditions. This indicates the importance of paying attention to soil fertility conditions that tend to be salinated and timing. The sowing term and norms have influenced on formation of crop capacity and yield elements of winter wheat varieties and caused their variability. This became an important basis for determining the variability and cross-linking of winter wheat quantitative signs.

Keywords: Sowing term, sowing norm, yield element, crop capacity, productivity.

Introduction

Crop capacity is one of the main indicators in the selection and evaluation of agricultural crops. The main purpose of crop cultivation, including crops, is to obtain high quality products. Therefore, particular attention is paid to crop capacity indicator. Crop capacity is formed by the combination of the external environment and the genetic resources of the genotype. The high yield of plant varieties can be considered as a positive feature of this varietal gene. For this reason, special attention is now given to the selection and creation of varieties that are suitable for soil climatic conditions in each region [1].

At the same time, crop capacity is one of the most complex and powerful variable signs. The strong variation of this indicator is due to the interconnection of the external environment (moisture, temperature, sowing term and norms) and heredity (aging, plant height, weight and length, weight of 1,000 pieces of grains) [2]. Therefore, it is possible to note the specific difficulties in selection of crop capacity. According to the scientific literature, the yield efficiency ratio is 0.2–0.3. This indicator

shows that crop capacity is 70 to 80% dependent on the environment [3].

It is well known that the grain-growing sector has developed intensively since the independence of our republic. In the short-term, the yield has risen from 12–14 centner to 40–45 centners per hectare. The achievement of these results can be attributed to the correct selection of varieties that are appropriate to the territory of our country and that the scientific basis for their care is properly developed [4].

Potential opportunities of winter wheat varieties are even higher, with a yield of 70–80 centners per hectare or higher. Therefore, it is necessary to study the potentialities of winter wheat varieties, and develop criteria for selective breeding [5].

Grain-growing farming has been practiced in our country since ancient times. They were mainly engaged in dry farming. During the years of independence, winter wheat varieties are being cultivated on irrigated lands. Therefore, data on the effect of external influences on the yield of winter wheat varieties, including the sowing norm and term, are incomplete [5]. In addition to this, we can show different level of salinity in the most

part of our region's irrigated crop areas. It is necessary to pay attention to the sowing terms and norms in the soil that tend to salinity [6].

In order to be optimal of sowing norms and term it is necessary to completely cover the soil surface with vegetation. This prevents the secondary salinization of the surface layer in soil contaminated with irrigated salinity [7]. Moreover, the balance of sowing norms allows to effectively use the soil productivity and the given water and mineral fertilizers. Therefore, the sowing terms and norms are now at the center of attention of researchers [7].

Object and methods of the research

Chillaki, Polovchanka and Bayaut-1 varieties of Triticum aestivum seeds were selected as the object of the study. The experimental sowing season is October 1, November 1 and December 1, and the sowing capacity is 2 million, 3 million, 4 million, 5 million, 6 million and 7 million hectares cereals were used

in options. At the same time, the sowing norm was studied during three sowing periods. Experiments (2011–2015) were carried out at 1 sq.m of 4 repetitions at Gulistan State University's medium saline field. Phenomenal observations and calculations have been done on the basis of guidelines. Studied signs were analyzed by using SPSS-14 [8].

Obtained results and their analysis. Changes in crop capacity were observed in changes of yield elements (Table 1). When the sowing norms make up 200 grains per 1 sq.m., sprouting 66.69%, 300–71.52%, 400–73.41%, 500–75.94%, 600–75.34% and 700 grains contained 80,05%. These data show that the growing seasonal patterns of wheat varieties can grow in field conditions. This is crucial for the soil that tend to salinate. Because of the fact that full winter wheat varieties, which tend to salinization, are one of the actual problems of grain growing. In this case, it is important to emphasize the importance of planting.

Table 1. – Impact of sowing term and norm of planting on winter crop capacity and yield elements (average three years)

Indicators	Sowing norm and statistical indicators (in the example of 1 m ² grain)					
	200	300	400	500	600	700
	x ±	x ±	x ±	x ±	x ±	x ±
October 1 (average three years)						
Productivity%	66.69 ± 1.04	71.52 ± 1.36	73.41 ± 1.29	75.94 ± 0.87	75.34 ± 0.97	80.05 ± 0.84
Height of the plant, cm	91.21 ± 1.59	90.97 ± 1.91	93.82 ± 1.55	96.57 ± 1.28	97.87 ± 1.26	110.69 ± 2.86
Grain quantity 1 m ² (pc)	218.30 ± 7.92	322.79 ± 8.79	411.58 ± 10.21	519.33 ± 12.20	633.52 ± 13.41	727.19 ± 16.10
Weight of 1 grain, gram	1.41 ± 0.05	1.21 ± 0.04	1.16 ± 0.03	1.12 ± 0.02	1.03 ± 0.03	0.74 ± 0.01
Length of the grain, cm	9.59 ± 0.17	9.08 ± 0.13	9.48 ± 0.13	9.90 ± 0.14	9.40 ± 0.13	8.95 ± 0.12
Crop capacity, gram	259.57 ± 4.11	356.79 ± 6.15	455.53 ± 5.61	562.89 ± 5.53	552.14 ± 4.77	523.22 ± 4.28
November 1 (average three years)						
Productivity%	53.55 ± 1.18	68.01 ± 1.16	75.72 ± 0.55	69.58 ± 1.02	72.21 ± 1.11	75.33 ± 0.77
Height of the plant, cm	86.7 ± 1.31	90.05 ± 1.25	93.66 ± 0.82	94.59 ± 1.24	96.07 ± 1.12	99.12 ± 1.09
Grain quantity 1 m ² (pc)	208.5 ± 7.59	295.44 ± 10.46	392.99 ± 10.84	459.58 ± 8.91	577.15 ± 11.61	620.61 ± 23.11
Weight of 1 grain, gram	1.28 ± 0.04	1.16 ± 0.03	1.05 ± 0.03	0.98 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.69 ± 0.01
Length of the grain, cm	9.29 ± 0.14	8.79 ± 0.12	9.15 ± 0.114	8.91 ± 0.10	8.33 ± 0.10	8.43 ± 0.12
Crop capacity, gram	222.4	318 ± 3.29	393.8 ± 6.61	492.9 ± 6.24	525.7 ± 3.85	508.9 ± 5.03
December 1 (average three years)						
Productivity%	33.51 ± 0.64	54.48 ± 7.34	64.20 ± 7.42	56.49 ± 0.95	72.75 ± 1.15	64.34 ± 0.68
Height of the plant, cm	80.18 ± 1.26	83.47 ± 1.27	86.07 ± 1.15	88.18 ± 1.29	92.1 ± 1.32	91.66 ± 1.08
Grain quantity 1 m ² (pc)	122.46 ± 9.03	210.94 ± 12.32	292.83 ± 18.54	329.56 ± 15.65	603.01 ± 12.55	562.99 ± 19.87
Weight of 1 grain, gram	1.20 ± 0.04	0.98 ± 0.02	0.82 ± 0.02	0.77 ± 0.02	0.98 ± 0.03	0.66 ± 0.01
Length of the grain, cm	8.76 ± 0.14	8.16 ± 0.11	8.13 ± 0.09	7.92 ± 0.09	8.92 ± 0.14	7.88 ± 0.12
Crop capacity, gram	121.9 ± 4.70	187.4 ± 6.86	221.6 ± 7.73	248.6 ± 5.56	288.45 ± 4.36	314.1 ± 11.31

The sowing norm was 200 pieces per 1 sq. m. area, or 2 million grains per hectare. The yield was 259.57 grams per square meter, 356.79 grams in 300 and 562.89 grams in 500. It is clear that the increase in sowing norms has resulted in higher yields (Table 1). Thus, it is desirable to plant 5 million grain per hectare for planting winter wheat varieties at the beginning of October.

One of the factors influencing the crop capacity of winter wheat varieties is the number of spikes in the area of 1 square meter (productive grain). At the same time, when sowing norm was 200 pieces, it was equal to 218.30 pieces. Increasing the sowing norm, in turn, will lead to an increase in the yield of crops.

The weight of a grain of wheat is one of the elements that affect the yield. This figure was 1.41 grams per hectare of sowing varieties in October, while the sowing capacity was 700 grams and the weight of one kilo was 0.74 grams per hectare. In this case, the increase in sowing norms led to a reduction in the weight of corn in grain.

The sowing term is one of the main factors affecting crop capacity. It should be noted that researchers have different views on the sowing terms. Most researchers have noted that the sowing terms for the territory of our country is the optimal time for the first decade of October [6–7].

The results of the research to determine the effect of sowing terms on fertility are given in (Table 2). The data from the table indicate that the sowing norm was similar to October, when the sowing norm was at the beginning of November. The increase in sowing norms led to an increase in crop yields. In this case, when the sowing norm was 600 seeds per hectare, the yield was 523.73 grams. This results indicate that the sowing term should be increased when it is late.

Fertility of winter wheat varieties has increased with the increase in sowing norms. When the sowing capacity was 200 seeds, the yield was 53.55%, while the sowing norm was 700, and the productivity was 75.33%.

Height of the plant is one of the most important indicators that contain genetic opportunities of varieties. With the increase in sowing norms, the plant height has also increased. This situation was noted in the October, November and December versions.

The change in sowing term has changed dramatically in the yield of winter wheat varieties. The sowing norm was 200 grams per 1 sqm and when harvesting took place in October, the yield was 259.51g, 222.4g in November and 121.9 g in December. Similar results were also recorded in other variants, i.e late implementation of sowing term would result in lower crop yields. This has led to not only crop yields, but also reduction in the weight of one kilo of grain, the number of grain and the length of the grain.

High productivity in October, the sowing norm was 5 million pieces per hectare. 552.92 t/ha in the formation of grain and 572.58 c/ha in 2011–2012 harvest and 563.17 c/ha in 2012–2013 harvest. It should be noted that 2013–2014 harvest year yields were lower than in other years.

In November, the sowing capacity is relatively high, i.e the sowing capacity of hectare is about 6 million grains. In 2011–2012, amounted to 531.95 c/ha, 522.67 in 2012–2013 and 522.56 c/h in 2013–2014 harvest.

The sowing rate of wheat varieties harvested in December is about 7 million pieces per hectare. 2011–2012 harvest amounted to 251.75 c/ha, 2012–2013 harvested 445.42, and in 2013–2014 harvest – 245.25 c/ha.

In general, the sowing term and the norms affect the yield and yield elements. This can be clearly seen from the data in the tables.

Conclusion

1. Increasing the sowing norms has led to an increase in yields. For winter wheat varieties planted in October, it was noted that the sowing norm should be about 5 million pieces, 6 million in November and 6.5–7 million in December.

2. The increase in sowing norms had a positive effect on winter wheat varieties in field conditions.

This indicates the importance of paying attention to sowing norms and terms in soil fertility conditions.

3. The sowing term and norms of winter wheat varieties, influencing the productivity and yield for-

mation, and led to their variability. This, in turn, was an important impetus for determining the variability and interconnection levels of winter wheat quantitative signs.

References:

1. Zelenskiy N. A., Zelenskaya G. M., Avdeenko A. P. Sowing terms of winter wheat // Achievements of modern natural sciences. – 2006. – No. 4. – P. 47–48.
2. Ivanov V. M. Optimization of sowing term of winter wheat in Volgograd region // Fundamental researches. – 2005. – No. 9. – P. 41–42.
3. Kvasnik E. V. Variability of genotypic correlation signs of grain quality and crop capacity soft spring wheat sorts depending on agroecological conditions // Agrarian sciences – for agriculture II. International scientific-practical conference, Barnaul – 2007. – P. – 398–401.
4. Kuliev T. H., Kushiev H. H., Aliev G. E. The structure of correlational links between certain signs of wheat varieties // Agrarian science news of Uzbekistan. Tashkent. – 2001. – No. 2. – P. 11–13.
5. Kadirov E., Tajiev M. It is desirable for the timing and standards of sowing to be determined for wheat in the south of the country // Agricultural Journal of Uzbekistan. – 2002. – No. 4. – P. 43–44.
6. Najmiddinov I. Sowing terms, norms and grain yield of winter wheat // Uzbekistan Agrarian Science News. – 2004. – No. 4. – P. 11–13.
7. Aripov R., Bobomirzaev A. Rahimov. The sowing term quality of solid wheat // The Journal of Agriculture of Uzbekistan. – 2010. – No. 4. – 11 p.
8. Shishlyanikova L. M. Mathematical tracking of scientific research by statistical package SPSS for Windows 11.5.0 // Teaching-methodological manual, – Moscow, – 2005 // URL: <http://www.web Statistica>. – 2005.

Section 2. Biotechnology

*Bekirova Mariiam Mambetovna,
docent, of the Department of Building Mechanics,
Odessa state academy of civil engineering and architecture,
Ukraine, Odessa
E-mail: budmeh@ogasa.org.ua*

*Enkov Evgeny Ustinovich,
docent, of the Department of Building Mechanics,
Odessa state academy of civil engineering and architecture,
Ukraine, Odessa
E-mail: budmeh@ogasa.org.ua*

*Iaremenko Elena Alexandrovna,
docent, of the Department of Building Mechanics,
Odessa state academy of civil engineering and architecture,
Ukraine, Odessa
E-mail: asp_yarema@ukr.net*

BIOMEDICAL ENGINEERING SOFTWARE

Abstract: The paper considers biomedical engineering, combining engineering methods and calculations with the achievements of medical and biological science in order to improve the quality of life. Analysis of software for processing and editing 2D images with CT and MRT to create 3D models with further implementation in constructing of computational models in ANSYS software.

Keywords: biomechanical engineering, computer modeling, ANSYS Workbench, Mimics.

*Бекирова Мариям Мамбетовна,
кандидат, технических наук, доцент кафедры строительной механики,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, Одесса
E-mail: budmeh@ogasa.org.ua*

*Еньков Евгений Устинович,
кандидат, технических наук, доцент кафедры строительной механики,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, Одесса
E-mail: budmeh@ogasa.org.ua*

*Яременко Елена Александровна,
кандидат, технических наук, доцент кафедры строительной механики,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, Одесса
E-mail: asp_yarema@ukr.net*

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИМЕДИЦИНСКОЙ ИНЖЕНЕРИИ

Аннотация: В статье рассматривается биомедицинская инженерия, объединившая инженерные методы и расчеты с достижениями медицинской и биологической наук с целью повышения качества жизни. Анализ программного обеспечения для обработки и редактирования двумерных изображений с КТ, МРТ для создания 3D моделей с дальнейшим использованием для построения расчетных моделей в программном комплексе ANSYS.

Ключевые слова: биомеханическая инженерия, компьютерное моделирование, ANSYS Workbench, Mimics.

Конец XX – начало XXI века ознаменовались стремительным развитием высоких технологий, что послужило основой для появления новых направлений в науке или качественного изменения уже существующих. Ярким тому примером является биомедицинская инженерия, которая объединяет инженерные методы и принципы с достижениями медицинской и биологической наук с целью улучшения здоровья человека, повышения качества его жизни.

Биомедицинская инженерия включает в себя совокупность средств, способов и методов, направленных на организацию и проведение диагностики и лечения с применением инструментальных и аппаратно-программных средств, в медицинских учреждениях различного профиля; обслуживание современного медицинского оборудования поликлиник, больниц и биологических лабораторий; обработку биомедицинской информации, создание и эксплуатацию медицинских баз данных, использование современных пакетов прикладных программ информационной поддержки диагностического и лечебного процессов.

Ключевым направлением интеграции медицинских и технических наук является познание

работы организма как единой целостной системы на базе междисциплинарных принципов: синтезе методов и достижений технических наук, методов и достижений медицинских наук в познании биомедицинских явлений и процессов на разных масштабных уровнях.

Современный технологический фундамент биомедицинской инженерии возник и развивается именно «на стыке наук», на основе потенциала различных областей науки и техники, объединяемого общими проблемами биомедицинской направленности.

Круг вопросов, относящихся к компетенции биомедицинской инженерии, необычайно широк:

- научные исследования на стыке «живое и неживое»;
- диагностические исследования, лечебные процедуры и реабилитация в условиях биомедицинских центров;
- биологические эксперименты в условиях биостанций, биологических исследовательских лабораторий и экологических центров;
- разработка нестандартных методик проверки, калибровки и тестирования медицинского оборудования;

- разработка новых методов исследования состояния биологических объектов и управления этим состоянием, а также новых медицинских технологий с применением высокоэффективных технических и компьютерных средств;

- обработка биомедицинской информации, создание и эксплуатация медицинских баз данных, экспертных, мониторинговых систем с использованием современных пакетов прикладных программ информационной поддержки диагностического и лечебного процессов.

Фундаментальные исследования в области биомедицинской инженерии в настоящее время развиваются по следующим направлениям:

- бионанотехнологии;
- аппаратно-программные комплексы для диагностики, терапии и прогнозирования состояния организма;
- индустрия рентгенологических средств;
- телемедицинские системы;
- биомедицинские исследования в сочетании с математическим и компьютерным моделированием поведения, генезиса и патологии живого организма;
- средства поддержания жизнедеятельности поколения;
- создание нового поколения имплантируемых электрокардиостимуляторов;
- многофакторные энергетические воздействия в диагностических и терапевтических целях на системы, органы и ткани организма;
- аудио, визуальные, мануальные и им подобные технические воздействия с адаптивной биологической обратной связью;
- создание искусственных органов и тканей, в том числе гибридных;
- микроанализ биологических жидкостей и тканей;
- создание компьютерных систем и технических средств реабилитации – медицинской, профессиональной и социальной;

- широкое внедрение биосенсорных систем и технологий в различные области медицины и биологии;

- использование последних достижений в радиоэлектронике.

Фундаментальные исследования в области биомедицинской инженерии развиваются высокими темпами вследствие широкого применения новых инновационных технологий и специализированного программного обеспечения.

На сегодняшний день разработаны сотни программ, обеспечивающих диагностику и визуализацию (рентгеноскопия, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, компьютерная томография, ультразвуковые аппараты, оптическая и электронная микроскопия и т.д.).

Особо следует выделить роль компьютерного моделирования [1] в биомедицинской инженерии. На основе количественных данных исследований программист создает модели биологических процессов и структур; соответствующие программы позволяют предсказать поведение биологической структуры, системы или организма в зависимости от внешних воздействий, лечения и развития болезни.

Компьютерные модели способны приблизительно описать механику работы различных частей тела, например, зубочелюстной системы, тазобедренного сустава и др. Можно использовать моделирование и для анализа возможных изменений в конструкции протеза, а также связанного с ними риска для больного.

Обзор литературных источников показывает, что подавляющее большинство исследований в этом направлении проводится с использованием известных многопрофильных программ – NASTRAN, COMSOL, ANSYS [2], SolidWorks [3] и некоторых других.

На этом фоне нельзя не отметить специализированный программный продукт компании «Материалайз» (Бельгия) – Mimics Innovation

Suite [4], который ориентирован непосредственно на современные биомедицинские исследования и разработки. Этот продукт состоит из трех компонентов, которые могут использоваться отдельно, но дают максимальный эффект при совместном использовании: **Mimics** – программное обеспечение для обработки медицинских изображений и снимков; **3-matic** – программное обеспечение для дизайна, создания и оптимизации геометрии; **Services** – проектирование и разработка программного обеспечения под заказ.

Программы Mimics и 3-matic предоставляют возможность обрабатывать и корректировать как анатомические структуры, так и созданные модели, объёмные структуры, оптимизировать их геометрию. Возможен экспорт-импорт трехмерных данных пациента в CAD, CAM и CAE системы с последующим конечно-элементным анализом.

Mimics Innovation Suite позволяет обрабатывать и редактировать данные двумерных изображений с КТ, МРТ, микроКТ и прочих сканеров для создания 3D моделей. Инструменты сегментации позволяют выделить анатомические структуры на МРТ/КТ изображениях, произвести измерения и выполнить построение конструкций непосредственно на трехмерных моделях пациентов.

Трехмерные данные из программы Mimics могут быть использованы в программе 3-matic для выполнения разнообразных операций по конструированию и созданию геометрических объектов непосредственно на анатомических данных без процесса реконструкции 3D, что повышает точность и экономит ресурсы. Можно построить виртуальную трехмерную модель на основе набора импортированных двумерных изображений. Программное обеспечение позволяет с высокой точностью измерить расстояния, углы, диаметры

или плотности как на двухмерных снимках, так и непосредственно на трехмерной модели.

Mimics Innovation Suite позволяет создать своего рода виртуальную операционную, где можно составлять планы операций, исходя из предварительной оценки данных, полученных различными методами, проверять правильность изготовления имплантатов и вносить изменения в план операции. Так, преобразование информации, полученной с КТ, в 3D модели, с использованием средств сегментации Mimics и объединения объектов, построенных на основании различных фаз сканирования, предоставляет хирургу трехмерную реконструкцию печени и магистральных сосудов. На полученной 3D модели может быть произведена виртуальная резекция для планирования оптимального разреза, что минимизирует риски потери крови, уменьшает продолжительность операции и реабилитационного периода.

Интересные разработки в области обработки медицинских изображений реализует совместное программное обеспечение компаний Materialise и ANSYS [5]. Последняя версия Mimics позволяет пользователям экспортировать файлы в формат ANSYS Workbench. В результате Mimics теперь является одним из инструментов при подготовке расчетных моделей в ANSYS для исследования биомеханических явлений. В новой версии Mimics появилась возможность построения объемных конечно-элементных сеток. Созданные модели готовы для расчета в CAE пакетах.

В заключение следует отметить, что разноплановые задачи, стоящие перед биомедицинской инженерией и биомеханикой, требуют подготовки специалистов соответствующего уровня. И такая подготовка уже ведется в некоторых вузах Украины, в том числе, и в Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Список литературы:

1. Чуйко А. Н. Биомеханика в стоматологии: Монография / А. Н. Чуйко, И. А. Шинчуковский. – Х.: Изд-во «Форт». – 2010. – 516 с.

2. Каменский А. В. Практическое применение конечно-элементного пакета ANSYS к задачам биомеханики кровеносных сосудов / А. В. Каменский, Ю. В. Сальковский – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та,– 2005. – 105 с.
3. Алямовский А. А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов / А. А. Алямовский. – ДМК Пресс,– 2015. – 562 с.
4. Mimics 12. Пакет обработки изображений. Базовый обучающий курс / Materialise,– 2008. – 81 с.
5. Чуйко А. Н. Биомеханическое сопровождение операций в челюстно-лицевой хирургии с использованием программ MIMICS и ANSYS / А. Н. Чуйко, Д. К. Калиновский, Р. А. Левандовский, Д. А. Грибов. – Ортопедия, травматология и протезирование.– 2012. – № 2. – С. 57–63.

Section 3. Mechanics

*Sergey Eliseev,
Professor, Doctor of Technical Sciences
Irkutsk State Transport University
E-mail: eliseev_s@inbox.ru*

*Alexey Orlenko,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Krasnoyarsk Institute of Railway Transport
E-mail: orlenko_ai@krsk.irkups.ru*

*Andrey Eliseev,
Candidate of Technical Sciences
Irkutsk State Transport University
E-mail: eliseew_aw@irkups.ru*

LEVER ELEMENT IN THE STRUCTURE OF THE OSCILLATORY SYSTEM: STRUCTURAL INTERPRETATION

Abstract: The article proposes a method and technology for constructing mathematical models for the emergence and implementation of lever linkages in mechanical oscillatory systems. A methodological basis for the evaluation of lever linkages is developed for various constructive forms of constraints created by couplings of typical elements of the system.

Keywords: lever linkages, quasi springs, reduced stiffness, articulation, dynamic modes.

Introduction. The interaction between the elements of dynamic oscillatory systems and vibration isolation systems, in particular, was considered in detail in the works on the theory of mechanical circuits [1–6]. A significant expansion of the idea of the capabilities brought about by the lever linkages implemented in the interactions of system elements is associated with the development of robotics, mechatronics, and the growth in requirements for ensuring the reliable performance and the safety of machine operation under conditions of intense vibration loading [7–9]. Many questions related to the problems of the dynamics of oscillatory systems, which include lever mechanisms and motion

transformation devices, have been represented in recent publications [10–13]. The proposed article deals with the formation of mathematical models of mechanical oscillatory systems with lever linkages formed by intermediate mass-and-inertia elements in the form of solids introduced into vibration protection systems in addition to the vibration protection object.

I. General provisions. Statement of the research task. The computational scheme of a vibration protection system (Figure 1) consisting of a protection object of mass m with support surfaces I, II, III, each of which can be the source of the corresponding kinematic harmonic perturbation ($z_1,$

z_2, z_3) is considered. It is assumed that the protection object (m) can have a power disturbance Q . The protection object makes small vertical oscillations with respect to the stable equilibrium position. The coordinate system is connected with a fixed basis. The mechanical oscillatory system has two degrees of freedom, since, in addition to the object of protection (m), an intermediate solid body having a fixed point of support ($p.O$), which is connected to the support surface II, is introduced into consideration. The position of a solid body represented by a weightless rigid rod (A_1, A_2) is determined by the angular coordinate φ . At the ends of the rods (lengths l_1 and l_2), respectively, there are material points A_1, A_2 with

masses m_1 and m_2 . Thus, the intermediate solid body has a moment of inertia

$$J = m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2. \quad (1)$$

It is assumed that the mass of a solid $M = m_1 + m_2$, and the center of gravity coincides with the lever rotation point ($p.O$). The placement of a solid body in the computational scheme (Figure 1) and the peculiarities of its connections to the support surface II and other elements of the system, predetermine, in this case, the possibility of considering an intermediate solid body as an inertial lever of the second kind [14]. At pp. A_1, A_2 the lever is connected to the elastic elements of the system (linear springs with stiffnesses k_1, k_2 and k_3).

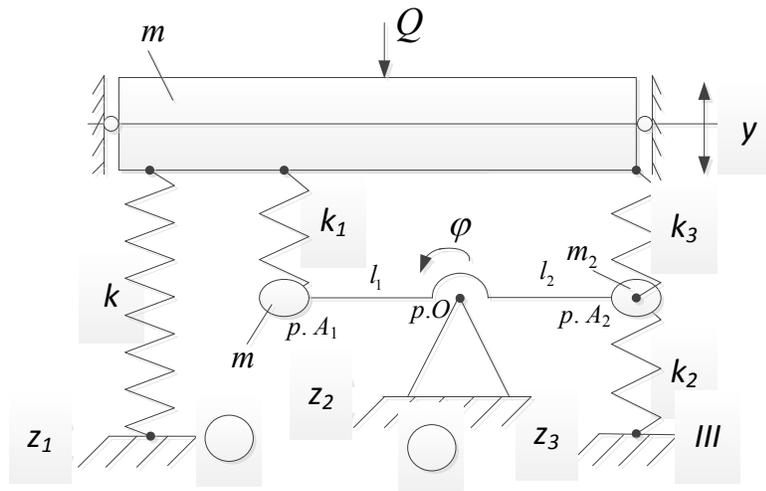


Figure 1. The computational scheme of a vibration protection system with an intermediate solid body (an inertial lever of the second kind)

The system performs small oscillations with respect to the position of static equilibrium in the coordinate system, is associated with a fixed basis.

II. Construction of mathematical model. We consider the case of force perturbation, that is, $Q \neq 0$ for $z_1 = 0, z_2 = 0, z_3 = 0$. To construct the mathematical model, we use approaches based on the Lagrange equation of the second kind with subsequent Laplace transformations of linear differential equations [15, 16].

We write the expressions for the kinetic and potential energies:

$$T = \frac{1}{2} m \dot{y}^2 + \frac{1}{2} (m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) \dot{\phi}^2, \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} k y^2 + \frac{1}{2} k_1 (y - l_1 \phi)^2 + \frac{1}{2} k_2 (l_2 \phi)^2 + \frac{1}{2} k_3 (y + l_2 \phi)^2. \quad (3)$$

After a number of transformations, the equations of motion take the form:

$$\bar{y} (m p^2 + k + k_1 + k_3) - \bar{\phi} (k_1 l_1 - k_3 l_2) = \bar{Q}, \quad (4)$$

$$\bar{\phi} [(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + k_3 l_2^2] - \bar{y} (k_1 l_1 - k_3 l_2) = 0. \quad (5)$$

The block diagram of the initial system is shown in (Fig. 2).

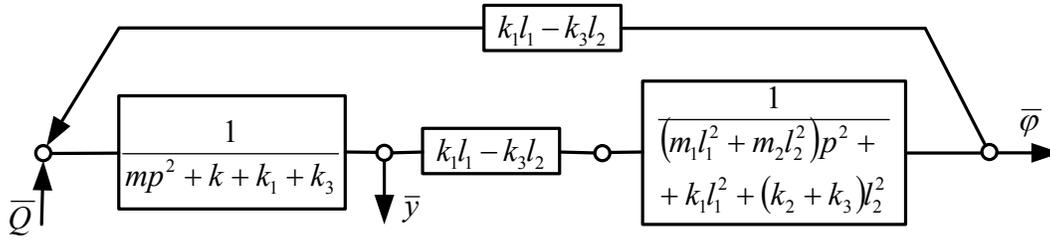


Figure 2. Block diagram of the vibration protection system with two degrees of freedom in force perturbation

The aim of the research is to study the conditions for the formation of lever linkages that are introduced into the vibration protection system by an intermediate solid body.

As follows from (Figure 2), the block diagram consists of two partial systems, for which the partial frequencies are respectively determined for the protection object and the intermediate solid body (or inertial lever):

$$n_1^2 = \frac{k + k_1 + k_3}{m}, \quad (6)$$

$$n_2^2 = \frac{k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + k_3 l_2^2}{J}. \quad (7)$$

Interpartial constraints in the system (Figure 2) are among the elastic ones and are implemented by a typical elastic link with reduced stiffness

$$k' = k_1 l_1 - k_3 l_2. \quad (8)$$

The input power disturbance \bar{Q} in this case acts on one input.

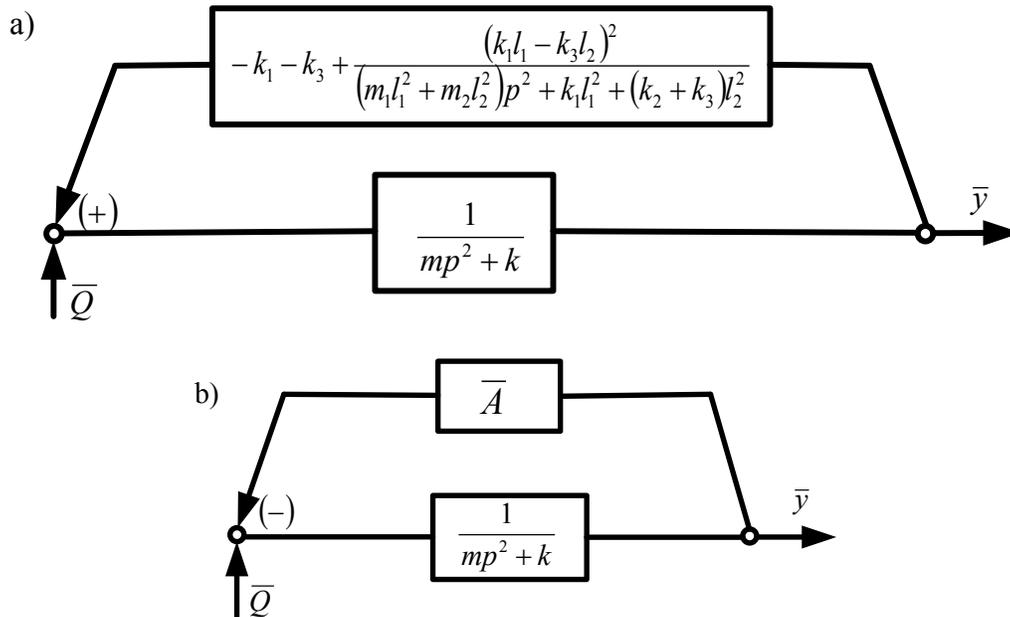


Figure 3. Transformed block diagram with the exception of the coordinate $\bar{\phi}$: a is the detailed scheme; b is the generalized form (in Figure 3b the transfer function of the feedback loop is denoted by \bar{A})

The block diagram in (Fig. 2) can be transformed in such a way as to exclude the coordinate $\bar{\phi}$ (Fig. 3 a, b).

We note that in the equations of motion (4), (5) and the block diagrams in (Fig. 2), as well as in subsequent expressions and figures, the following notation

is used: $p = j\omega$ is a complex variable, the icon $(-)$ over variables denotes the Laplace transform.

Figure 3a shows a block diagram in which the original structure in (Fig. 2) is transformed by isolating the basic model of the vibration protection system in Fig. 1. The basic model consists of two elements: an object of protection of mass m and an elastic element with stiffness k , resting on the support surface I. Fig. 3a, the basic model is interpreted by a link with a transfer function

$$W_{\text{ob}}(p) = \frac{1}{mp^2 + k}. \quad (9)$$

$$\bar{A}(p) = \frac{(k_1 + k_3)(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 k_3 (l_1 + l_2)^2 + k_2 l_2^2 (k_1 + k_3)}{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + k_3 l_2^2} \quad (10)$$

Expression (10), in the physical sense, determines the properties of a quasi-elastic element or the so-called quasi-spring [17]. From (10), the reduced dynamic stiffness of a quasi-spring can be found. Let us note that the dynamic stiffness $\bar{A}(p) = k_{\text{TP}}(p)$ depends on the frequency of the external influence.

III. Properties of the quasi-spring. The introduction of an intermediate solid body in this problem of a vibration protection, with respect to the object of protection mass m and a force perturbation Q , leads to the considering of a well-defined structure (or structural formation) in the form of an inertial lever. The situation can also be represented in such a way that the quasi-spring, by its properties, determines the functional capabilities of a mass-and-inertia lever of the second kind with a supporting point O (Figure 1).

Let us consider a number of special cases:

1. If $k_3 = 0$, then

$$k_{\text{TP}_1}(p) = \bar{A}(p) = \frac{k_1(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_2 l_2^2 k_1}{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2}, \quad (11)$$

$$k_{\text{TP}_1}(p) = \bar{A}(p) = \frac{k_1 [(m_1 + m_2 i^2) p^2 + k_2 i^2]}{(m_1 + m_2 i^2) p^2 + k_1 + k_2 i^2}, \quad (12)$$

where $i = \frac{l_2}{l_1}$ is the second kind lever ratio.

The spring with stiffness k corresponds to the notion that, with respect to the protection object as such, and having the transfer function of the second-order integrating unit, negative feedback is introduced with a gain equal to k . The transformed block diagram (Fig. 3 a) shows the possibility of isolating a separate feedback loop in relation to the base model with the transfer function (9). In (Fig. 3 b), this feedback is indicated with the use of a transfer function $\bar{A}(p)$.

If $k_2 = 0$, $k_3 = 0$, then

$$k_{\text{TP}_2}(p) = \bar{A}(p) = \frac{k_1 (m_1 + m_2 i^2) p^2}{(m_1 + m_2 i^2) p^2 + k_1}. \quad (13)$$

If $k_1 \rightarrow \infty$, then it follows from (11) that when $k_2 = 0$, $k_3 = 0$,

$$k_{\text{TP}_3}(p) = \bar{A}(p) = (m_1 + m_2 i^2) p^2. \quad (14)$$

The resulting expression (14) corresponds, in the physical sense, to the attachment of additional masses to the object of protection $(m_1 + m_2 i^2)$. In this case, the block diagram of the initial system takes the form as shown in (Fig. 4).

If $m_1 \rightarrow \infty$ and $m_2 \rightarrow \infty$, that is, an intermediate solid body or a mass-and-inertia lever has a vanishing low inertia, then its effect in the absence of elastic constraints ($k_2 = 0$, $k_3 = 0$) does not appear.

If we assume that the lever has tangible mass-and-inertia properties and it is structurally related to the elastic elements, then, in terms of taking into account the dynamic properties, the system will have two degrees of freedom for $k_1 \neq 0$, and the features of the lever transfer function will depend on the values of the spring stiffness k_1 , k_2 and k_3 . In this case, the inertial lever acts as a complex additional element, which significantly affects the properties of the system under force disturbance to the object of protection.

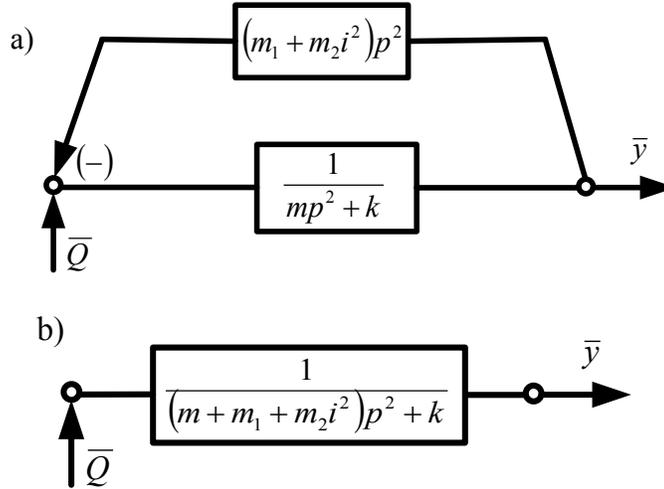


Figure 4. Block diagram of the system with an intermediate body at $k_1 \rightarrow \infty$ (dynamic oscillator damper): a is the additional inertial-type feedback; b is the generalized scheme

The system transfer function under the force perturbation Q has the form

$$W(p) = \frac{\bar{y}}{\bar{Q}} = \frac{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 l_1^2 + (k_2 + k_3) l_2^2}{\left(\begin{matrix} m p^2 + k + \\ + k_1 + k_3 \end{matrix} \right) \cdot \left[\begin{matrix} (m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + \\ + k_1 l_1^2 + (k_2 + k_3) l_2^2 \end{matrix} \right] - (k_1 l_1 - k_3 l_2)^2}. \quad (15)$$

In the system, a dynamic damping mode at the frequency is possible:

$$\omega_{\text{dyn}}^2 = \frac{k_1 l_1^2 + (k_2 + k_3) l_2^2}{m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2} = \frac{k_1 + (k_2 + k_3) i^2}{m_1 + m_2 i^2}, \quad (16)$$

where $i = \frac{l_2}{l_1}$ is the lever linkage ratio.

If $k_1 \rightarrow \infty$, then the system loses one degree of freedom:

$$W'(p) = \frac{\bar{y}}{\bar{Q}} = \frac{1}{(m + m_1 + m_2 i^2) p^2 + (k_2 + k_3) i^2 + k}. \quad (17)$$

When using quasi-springs, it is necessary to take into account the dependence of reduced dynamic stiffness on frequency.

1. If $k_{\text{TP}} = \infty$, the denominator of the transfer function is zero, and the dynamic reduced stiffness will be infinitely large.

As is known, such a situation is typical for the mode of dynamic damping of oscillations. In this case, when an external harmonic force is applied to the object of protection, the object m remains immobile, and the mass-and-inertia lever (or inertial lever) will oscillate with an amplitude that can be determined from the transfer function (15).

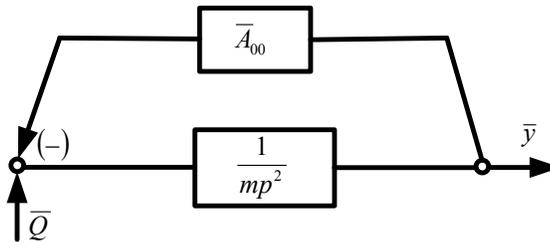


Figure 5. Block diagram converted to determine dynamic stiffness

In this case we get that

$$\bar{A}(p) = \frac{(k + k_1 + k_3)(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 [k_2 l_2^2 + k l_1^2 + k_3 (l_1 + l_2)^2] + k_2 k_3 l_2^2 + k l_2^2 (k_2 + k_3)}{(m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) p^2 + k_1 l_1^2 + k_2 l_2^2 + k_3 l_2^2} \quad (18)$$

Expression (18) differs from (10) in that the numerator (18) takes into account the stiffness k connecting the protection object to the support surface I (Fig. 1).

The zero value of the dynamic stiffness corresponds to the frequency

$$\omega_{00}^2 = \frac{k_1 [k_2 i^2 + k + k_3 (i+1)^2] + k_2 k_3 i^2 + k i^2 (k_2 + k_3)}{(m_1 + m_2 i^2)(k + k_1 + k_3)} \quad (19)$$

At a frequency from (19) the ratio of the oscillation amplitudes with respect to the coordinates \bar{y}_1 and \bar{y} is determined

$$W_{00}(p) = \frac{\bar{y}_1}{\bar{y}} = \frac{k + k_1 + k_3}{k_1 - i k_3} \quad (20)$$

If the following condition is fulfilled

$$k_1 > i k_3 \quad (21),$$

the denominator of expression (20) will be positive: the ratio of the amplitude of the oscillations

\bar{y}_1/\bar{y} will be positive, which corresponds to the concept of the joint motion of masses in free vibrations in the first form.

Conclusion

It is shown in the paper that the lever linkages that arise in the dynamic interactions of system elements can be considered using mathematical models. Such models can be obtained on the basis of certain methods, including the preliminary obtaining of equations by the standard method (the second-order Lagrange equation is applied), followed by the use of structural models and the interpretation of results. This is done by the introduction of extremely large values of the parameters (in this case, the stiffness coefficients of elastic elements) into transfer functions and expressions for reduced dynamic stiffness.

References:

1. Lenk A. Electromechanical systems. Systems with lumped parameters. – Moscow: Mir Publ. – 1978. – 283 p.
2. Druzhinsky I. A. Mechanical circuits. – Moscow: Mashinostroenie Publ., – 1977. – 240 p.
3. Frolov K. W. (ed.) Vibrations in technology: reference book in 6 volumes of – Vol 6. “Protection of equipment from vibration”. – Moscow: Mashinostroenie Publ., – 1981. – 452 p.
4. Eliseev S. V., Belokobylsky S. V., Upry R. Yu., Gozbenko V. E. Lever linkages in the problems of the dynamics of mechanical oscillatory systems. Theoretical aspects. Dep. to VINITI. – Nov 27. – 2009. – No. 737. – in 2009.
5. Belokobylsky S. V., Eliseev S. V., Kashuba V. B. Applied problems of the structural theory of vibration protection systems. St. Petersburg: Polytechnic Publ., – 2013. – 363 p.
6. Kaimov E. V., Kuznetsov N. K., Eliseev S. V. Some applications of the theory of lever linkages. Irkutsk: ISTU Publ., – 2015. – 43 p. Deposited manuscript in VINITI RAS Oct 05, – 2015. – No. 160. – in 2015.
7. Panovko Ya. G. Dynamics of vibrational technological processes. – Moscow: Izhevsk: RHD Publ., – 2006. – 158 p.
8. Eliseev A. V., Sel'vinsky V. V., Eliseev S. V. Dynamics of vibrational interactions of elements of technological systems taking into account non-retentive relationships. Novosibirsk: Nauka Publ., – 2015. – 332 p.

9. Belokobylsky S. V., Eliseev S. V., Sitov I. S. Dynamics of mechanical systems. Lever linkages and inertial-elastic bonds. St. Petersburg: Nauka Publ.,– 2013.– 319 p.
10. Eliseev S. V., Trofimov A. N., Kaimov E. V., Kinash N. Zh. Applied problems of the theory of dynamic damping of oscillations. Irkutsk: ISTU Publ.,– 2015.– 105 p. Deposited manuscript in VINITI on Feb 27,– 2015.– No. 39 B2015.
11. Eliseev S. V., Bolshakov R. S., Kinash N. Zh. Linkages: virtual lever mechanisms, features of oscillatory processes (Part I). South-West State University. Kursk.– 2015.– No. 1 (58).– P. 8–17.
12. Eliseev S. V., Kinash N. Zh., Kaimov E. V. Lever linkages in mechanical oscillatory systems. Bulletin of the All-Russian Research and Design Institute of Electric Locomotive Industry. Novochoerkassk.– 2015.– No. 1 (69).– P. 112–126.
13. Eliseev S. V., Lontsikh P. A., Kaimov E. V. On the choice of the form of the structural representation of the linkages in mechanical oscillatory systems (Part I). Vestnik of the Irkutsk National Research Technological University. Irkutsk.– 2014.– No. 11.– P. 38–45.
14. Krainev A. F. Reference dictionary on mechanisms. 2nd ed., revised and enlarged.– Moscow: Mashinostroenie,– 1987.– 560 p.
15. Eliseev S. V., Volkov L. N., Kukharenko V. P. Dynamics of mechanical oscillatory systems with additional constraints. Novosibirsk: Nauka Publ.,– 1988.– 206 p.
16. Eliseev S. V., Reznik Yu. N., Khomenko A. P. Mechatronic approaches in the dynamics of mechanical oscillation systems. Novosibirsk: Nauka Publ.,– 2011.– 384 p.
17. Khomenko A. P., Eliseev S. V. Quasi-elements in mechanical oscillatory systems. singularities of systems with exclusion of variables of dynamic state. Modern technologies. System analysis. Modeling. Irkutsk: ISTU Publ.,– 2013. Issue – No.2 (38).– P. 8–17.

*Neutov Stepan,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Head of the Department of Building of Materials,
E-mail: sng@ogasa.org.ua*

*Sidorchuk Marina,
Post-graduate student of the chair of structural mechanics,
E-mail: marinasidorchuk@ukr.net*

*Boyadzhi Andrei,
Assistant of the department of metal, wooden and plastic constructions,
Odessa state academy of civil engineering and architecture,
Ukraine, Odessa
E-mail: mdipk4@gmail.com*

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRENGTH OF CONCRETE AND FIBER-REINFORCED CONCRETE IN TIME

Abstract: The results of experimental studies of the change in the strength of concrete and fiber-reinforced concrete over time are presented. Compression tests of samples of cubic shape and tensile tests of dumbbell samples were carried out. The observation period covers 400 days. Analysis of the results showed that all strength characteristics of steel-fiber-concrete in primary tests are higher than for ordinary concrete by 5 ÷ 10%. With increasing age of concrete, this percentage ratio increases to 30%.

Keywords: concrete, fiber-reinforced concrete, steel fiber, strength, compression, stretching, time.

*Неутов Степан Филиппович,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой сопротивления материалов,
E-mail: sng@ogasa.org.ua*

*Сидорчук Мария Михайловна,
аспирант кафедры строительной механики,
E-mail: marinasidorchuk@ukr.net*

*Бояджи Андрей Александрович,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
ассистент кафедры металлических, деревянных и пластмассовых конструкций,
Украина, Одесса
E-mail: mdipk4@gmail.com*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ФИБРОБЕТОНА ВО ВРЕМЕНИ

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований изменения прочности бетона и фибробетона с течением времени. Проведены испытания на сжатие образцов кубической

формы и испытания на растяжение образцов в форме гантели. Период наблюдений охватывает 400 суток. Анализ результатов показал, что все прочностные характеристики сталефибробетона при первичных испытаниях выше, чем у обычного бетона, на 5÷10%. С увеличением возраста бетона это процентное соотношение возрастает до 30%.

Ключевые слова: бетон, фибробетон, стальная фибра, прочность, сжатие, растяжение, время.

Опыт эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций и результаты экспериментальных исследований показывают, что с течением времени прочность бетона возрастает.

Известен целый ряд аналитических зависимостей, связывающих прочность бетона R и его возраст. Наиболее часто ссылаются на логарифмическую зависимость, предложенную Б. Г. Скрамтаевым [1]:

$$R_t = \frac{\lg t}{\lg 28} R_{28}, \quad (1)$$

где R_{28} и R_t – кубиковая прочность бетона в возрасте 28 суток и t суток соответственно.

Однако на характер твердения бетона влияет столь большое количество факторов (температура, влажность, марка цемента, крупность заполнителя и др.), что результаты исследований [2, 3] зачастую далеки от закона, описываемого зависимостью (1).

Вопрос об изменении прочности сталефибробетона [4, 5] во времени практически не исследован.

Целью данной работы является сравнительный анализ изменения прочностных свойств бетона и сталефибробетона с течением времени.

Для проведения испытаний была изготовлена серия образцов из бетона, армированного стальной фиброй. При этом варьировался процент фибрового армирования, который составлял 0,5%, 1,0% и 1,5%, а также максимальный размер крупного заполнителя (гранитный щебень) – с размером фракции ≤ 10 мм в первой серии испытаний и ≤ 20 мм – во второй.

В экспериментах использована стальная фибра с загнутыми концами, выпускаемая ЧАО «ПО «Стальканат-Силур»» в соответствии с Европейским стандартом EN14889–1: 2006 [6].

Результаты предварительных испытаний показали, что оптимальными характеристиками фибробетонной смеси является матрица с крупным заполнителем фракции ≤ 10 мм при 1,0% фибрового армирования.

На втором этапе из указанной смеси изготовлены две серии образцов (кубиков $100 \times 100 \times 400$ мм) из обычного бетона и фибробетона. Испытания проводили по стандартной методике в соответствии с действующими рекомендациями [7].

На рис. 1 приведены данные об изменении прочности бетонных и сталефибробетонных кубов на сжатие во времени.

Из приведенных результатов видно, что прочность обычного бетона за время наблюдения (400 суток) выросла на 3,5 МПа, что составляет 11,3%. Прочность фибробетона за тот же период выросла на 10,1 МПа, т.е. на 31%.

И если к моменту набора марочной прочности бетона (28 суток) прочность фибробетона лишь на 4,7% превышала прочность обычного бетона, то практически через год это различие увеличилось до 24%.

Следует также отметить принципиальное различие в характере разрушения испытываемых кубов. Если бетонные образцы разрушаются по классическому сценарию, то кубы из сталефибробетона и после потери несущей способности (разрушения) не меняют своей геометрической формы. Единственное заметное различие «до и после» – наличие трещин и увеличение поперечных размеров в направлении, перпендикулярном плоскости действия нагрузки (с 10,0 до 10,4 см).

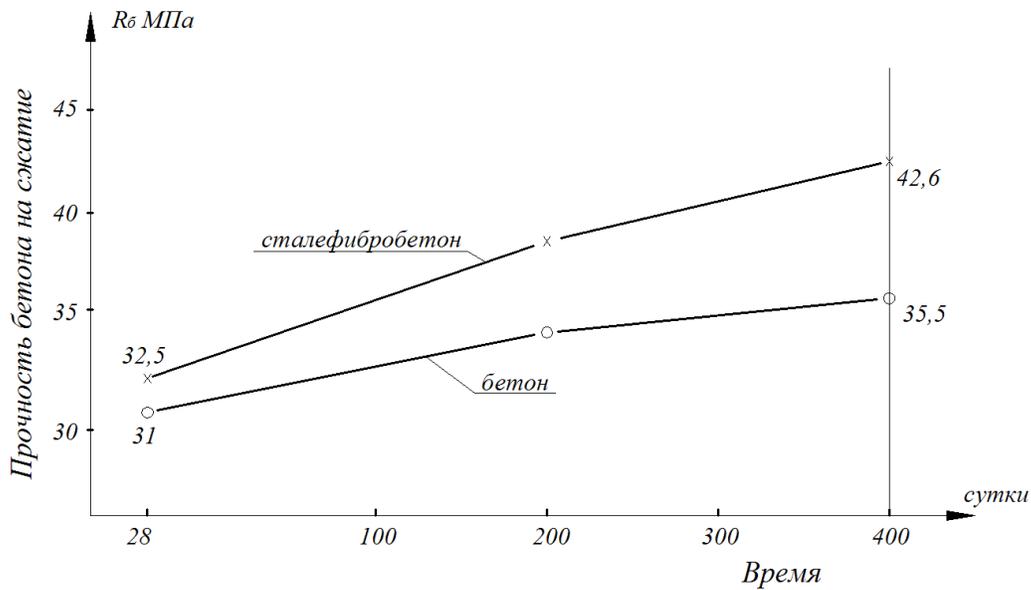


Рисунок 1. Изменение прочности бетона и сталефибробетона

Параллельно с исследованием прочности бетонов на сжатие проводились аналогичные исследования при растяжении. Для этих целей была изготовлена специальная опалубка в виде «гантели». Растягивающие усилия от разрывной машины (пресса) на бетон передавались через арматурные стержни $\varnothing 10$ мм. До бетонирования стержни устанавливали (монтировали) на концевых участках экспериментальных образцов. Длина анкеровки не превышала $(10 \div 12) \varnothing$. Свободные участки

стержней заправляли в захваты разрывной машины. Нагрузку прикладывали ступенями по 1 кН с выдержкой на каждой ступени по $2 \div 3$ минуты. В процессе нагружения измеряли усилия и деформации растянутого бетона. Для этих целей на двух плоских гранях образцов крепили индикаторы часового типа с ценой деления 0,001 мм. По результатам эксперимента построены диаграммы $\sigma - \varepsilon$ (рис. 2).

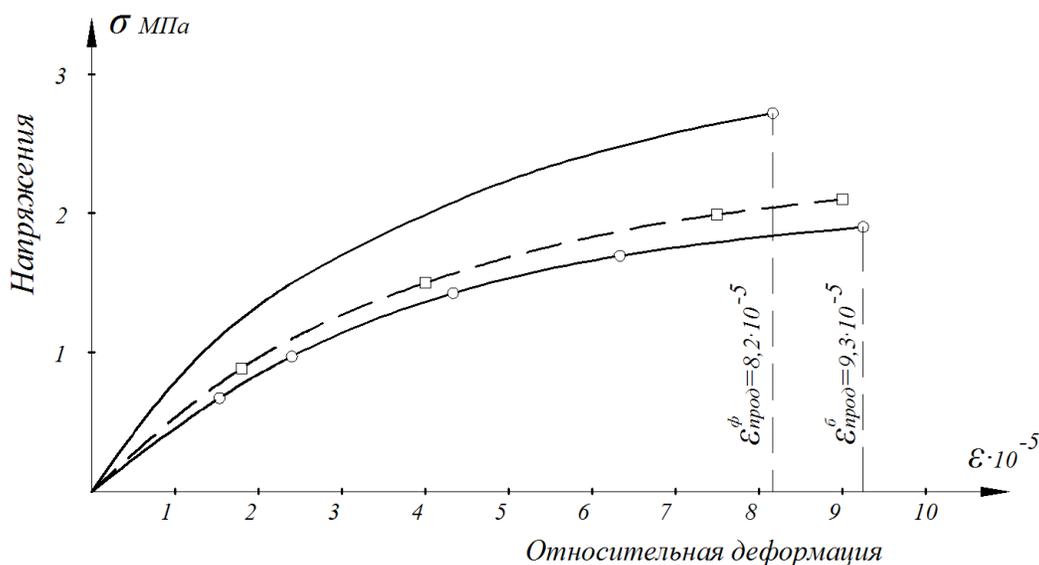


Рисунок 2. Диаграммы растяжения бетона и фибробетона

Из данных представленных на рис. 2 видно, что характер деформирования исследуемых бетонов одинаков. Однако деформации в бетонных

образцах несколько выше, чем в аналогичных фибробетонных.

Данные, полученные в результате экспериментальных исследований, приведены в табл. 1:

Таблица 1. – Результаты экспериментальных исследований

Характеристики	Фибробетон	Обычный бетон	Соотношение, %
Модуль упругости при растяжении	$3,8 \cdot 10^4$ МПа	$3,45 \cdot 10^4$ МПа	10%
Прочность на растяжение	2,93 МПа	2,35 МПа	25%
Предельная относительная деформация	$8,2 \cdot 10^{-5}$	$9,3 \cdot 10^{-5}$	13%

Прочность исследуемых бетонов на растяжение кроме испытаний нестандартных образцов (гантелей) определялась путем скалывания (среза) кубов по методике [7]. Результаты исследований приведены на рис. 3, из которого следует, что в течение года прочность сталефибробетона на

растяжение выросла с 1,96 МПа до 2,55 МПа, т.е. на 31% (точно так же, как и прочность на сжатие). За такой же промежуток времени аналогичная прочность образцов из обычного бетона выросла на 15,7%.

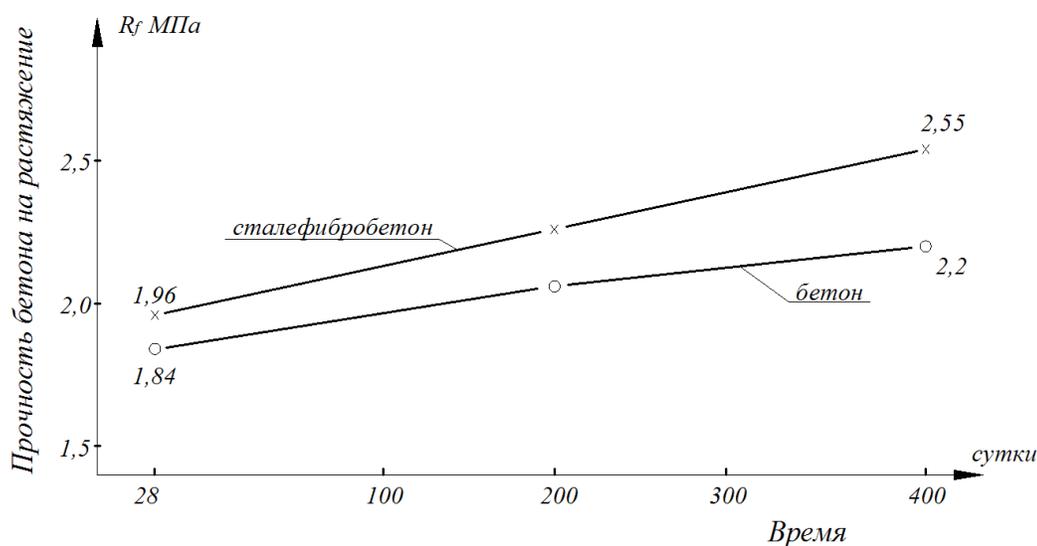


Рисунок 3. – Изменение во времени прочности на растяжение

Следует отметить, что образцы (кубы) из обычного бетона при скалывании всегда делятся на две части, образцы из сталефибробетона, особенно в зрелом возрасте, как правило, остаются единым массивом с одной сквозной продольной трещиной.

Таким образом, все прочностные характеристики сталефибробетона при первичных испытаниях выше, чем у обычного бетона, на 5÷10%. С увеличением возраста бетона (год и более) это процентное соотношение возрастает (до 30%).

Список литературы:

1. Скрамтаев Б. Г. Испытание прочности бетона в образцах, изделиях и сооружениях / Б. Г. Скрамтаев, М. Ю. Лещинский. – Москва: Стройиздат, – 1964. – 176 с.
2. Шейкин А. Е. Строительные материалы. Учебник для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / А. Е. Шейкин – М.: Стройиздат, – 1978. – 432 с.

3. Баженов Ю. М. Технология бетона. Учебник. – 3-е изд. / Ю. М. Баженов – М.: Изд-во АСВ, – 2002. – 500 с.
4. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: монография / Ф. Н. Рабинович. – М.: Изд-во АСВ, – 2004. – 560 с.
5. Талантова К. В. Сталефибробетон с заданными свойствами и строительные конструкции на его основе: дисс. ... д-ра. техн. наук / К. В. Талантова. – Барнаул, – 2013. – 287 с.
6. EN14889–1:2006. Fibres for concrete. Steel fibres. Definitions, specifications and conformity.
7. BS EN ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Межгосударственный стандарт.

*Suryaninov Nikolai Georgievich,
Doctor, of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Construction Mechanics,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Ukraine, Odessa*

E-mail: sng@ogasa.org.ua

*Balduik Pavel Georgievich,
Candidate of Technical Sciences, Professor
Department of Building Mechanics,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Ukraine, Odessa*

E-mail: pavel9balduik@gmail.com

*Makovkina Tatiana Sergeevna,
post-graduate student, of the chair of structural mechanics,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Ukraine, Odessa*

E-mail: odessa1222@rambler.ru

FUNDAMENTAL SOLUTIONS OF THE PROBLEM ON ORTOTROPIC PLATES VIBRATIONS

Abstract: Possible fundamental solutions of the problem of natural oscillations of an orthotropic plate are considered. The problem is solved by the numerical-analytical method of boundary elements. The transition from the two-dimensional problem to the one-dimensional problem is carried out by the variational method of Kantorovich-Vlasov. It is shown that for the complete solution of the problem it is necessary to obtain analytical expressions of 64 fundamental functions. A transcendental frequency equation is given.

Keywords: orthotropic plate, method of boundary elements, fundamental function, frequency.

*Сурьянинов Николай Георгиевич,
доктор, технических наук, профессор,
заведующий кафедрой строительной механики,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, Одесса*

E-mail: sng@ogasa.org.ua

*Балдук Павел Георгиевич,
кандидат, технических наук, профессор
кафедры строительной механики,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, Одесса*

E-mail: pavel9balduik@gmail.com

*Маковкина Татьяна Сергеевна,
аспирант, кафедры строительной механики,
Одесская государственная академия
строительства и архитектуры,
Украина, Одесса
E-mail: odessa1222@rambler.ru*

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КОЛЕБАНИЯХ ОРТОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ

Аннотация: Рассматриваются возможные фундаментальные решения задачи о собственных колебаниях ортотропной пластины. Задача решается численно-аналитическим методом граничных элементов. Переход от двумерной задачи к одномерной осуществлен вариационным методом Канторовича-Власова. Показано, что для полного решения задачи необходимо получить аналитические выражения 64-х фундаментальных функций. Приведено трансцендентное частотное уравнение.

Ключевые слова: ортотропная пластина, метод граничных элементов, фундаментальная функция, частота.

Задачи определения спектра собственных частот и построения соответствующих им форм колебаний стержневых систем, пластин и оболочек являются актуальными и важными при исследовании динамического поведения конструкций, применяемых в различных отраслях промышленности и строительства.

Для их решения разработано множество методов, среди которых можно выделить методы сил и перемещений [1], метод конечных разностей (МКР) [2], метод конечных элементов (МКЭ) [3] и др. Все эти методы имеют те или иные недостатки. Так, методы сил и перемещений позволяют определять точный спектр частот собственных колебаний (в рамках допущений, принятых при выводе дифференциальных уравнений колебаний), но частотные уравнения этих методов содержат точки разрывов 2-го рода [4]. Возможно также появление фиктивных и пропуск действительных частот вследствие замены заданной расчетной схемы на основную систему [5]. В МКЭ частоты определяются из векового уравнения [6], где спектр частот, во-первых, ограничен,

во-вторых, неточен из-за замены системы с бесконечным числом степеней свободы системой с конечным числом степеней свободы. Аналогичные недостатки имеются и у других методов.

Преодолеть недостатки существующих методов, сохраняя при этом их достоинства, т.е. решать задачи динамики на более эффективном уровне, позволяет численно-аналитический метод граничных элементов [7].

Задачи динамики тонкой анизотропной прямоугольной пластины постоянной толщины в рамках гипотезы Кирхгофа-Лява сводятся к решению дифференциального уравнения [8]

$$\frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2} + \frac{1}{\rho h} \left[D_{11} \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^4} + 4D_{16} \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^3 \partial y} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^2 \partial y^2} + 4D_{26} \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x \partial y^3} + D_{22} \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial y^4} \right] = 0. \quad (1)$$

Для ортотропной пластины уравнение (1) принимает вид

$$\rho h \frac{\partial^2 w(x, y, t)}{\partial t^2} + D_1 \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^4} + 2D_3 \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4 w(x, y, t)}{\partial y^4} = 0. \quad (2)$$

где жесткости определяются формулами

$$D_1 = \frac{E_x h^3}{12(1 - \mu_{xy} \mu_{yx})}; \quad D_2 = \frac{E_y h^3}{12(1 - \mu_{xy} \mu_{yx})};$$

$$D_3 = D_1 \mu_{xy} + 2D_k = D_2 \mu_{yx} + 2D_k; \quad D_k = \frac{Gh^3}{12};$$

E_x, E_y – модули упругости в направлениях осей; G – модуль сдвига; h – толщина пластины; μ_{xy}, μ_{yx} – коэффициенты Пуассона; $w(x, y, t)$ – прогиб; ρ – плотность материала.

Будем искать решение уравнения (2) в виде

$$w(x, y, t) = w(x, y) \cos \omega t, \quad (3)$$

где ω – частота собственных колебаний.

Тогда уравнение (2) можно переписать так:

$$-\rho h \omega^2 w(x, y) + D_1 \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^4} + 2D_3 \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial y^4} = 0. \quad (4)$$

Уравнение свободных колебаний (4) имеет четвертый порядок и является дифференциальным уравнением в частных производных. Функция $w(x, y)$, являющаяся решением этого уравнения, зависит от двух переменных, т.е. имеет место двумерная задача. В то же время алгоритм ЧА МГЭ [7] предполагает решение одномерной задачи. Переход от двумерной задачи к одномерной можно осуществить путем применения вариационного метода Канторовича-Власова.

Разложим прогиб $w(x, y)$ в функциональный ряд $w(x, y) = W_1(y)X_1(x) + W_2(y)X_2(x) + \dots + W_n(y)X_n(x)$ и ограничимся только первым членом этого ряда $w(x, y) = W(y)X(x)$, что, как показано в [7], дает вполне приемлемую для инженерных расчетов точность.

Тогда получим:

$$D_1 X^{1V} W + 2D_3 X'' W'' + D_2 X W^{IV} - \rho h \omega^2 W X = 0. \quad (5)$$

Умножим обе части (5) на X и проинтегрируем в пределах $[0; l_1]$, где l_1 – размер пластины в направлении оси x :

$$D_1 W \int_0^{l_1} X^{1V} X dx + 2D_3 W'' \int_0^{l_1} X'' X dx + D_2 W^{IV} \int_0^{l_1} X^2 dx - \rho h \omega^2 W \int_0^{l_1} X^2 dx = 0.$$

Введем обозначения:

$$D_2 \int_0^{l_1} X^2 dx = A; \quad 2D_3 \int_0^{l_1} X'' X dx = B; \quad D_1 \int_0^{l_1} X^{1V} X dx = C,$$

тогда

$$W^{1V} A + W'' B + W C - \frac{\rho h \omega^2}{D_2} W A = 0,$$

или

$$W^{1V} - 2r^2 W'' + s^4 W = 0, \quad (6)$$

где

$$r^2 = -\frac{B}{2A}; \quad s^4 = \frac{C}{A} - \frac{\rho h \omega^2}{D_2}.$$

Решение уравнения (6) зависит от корней соответствующего ему характеристического уравнения

$$K^4 - 2r^2 K^2 + s^4 = 0,$$

$$K_{1-4} = \pm \sqrt{r^2 \pm \sqrt{r^4 - s^4}}. \quad (7)$$

Вектор состояния пластины содержит 4 компонента (W, θ_y, M_y, Q_y) , а характеристическое уравнение имеет 4 корня, поэтому для полного решения задачи о колебаниях ортотропной пластины необходимо получить аналитические выражения 64-х фундаментальных функций. Вид этих функций определяется соотношением между r и s , которое зависит от граничных условий на продольных (вдоль оси y) краях пластины.

Возможны такие соотношения между r и s , каждое из которых позволяет получить 16 аналитических выражений фундаментальных функций A_{ij} ($i, j = 1, 2, 3, 4$):

$$|s| > |r| \Rightarrow K_{1-4} = \pm \alpha \pm i\beta;$$

$$s^4 < 0; r^2 \neq 0 \Rightarrow K_{1,2} = \pm \alpha; K_{3,4} = \pm i\beta;$$

$$s^4 > 0; |s| < |r|; r^2 > 0 \Rightarrow K_{1,2} = \pm i\alpha; K_{3,4} = \pm i\beta;$$

$$s^4 > 0; r^2 < 0; r^4 - s^4 > 0 \Rightarrow K_{1,2} = \pm \alpha; K_{3,4} = \pm \beta.$$

После формирования матрицы A можно определить частоты собственных колебаний.

Здесь предполагается, что граничные статические и кинематические параметры пластины будут отличны от нуля, если отличны от нуля обобщенные статические и кинематические параметры одномерной модели. Тогда трансцендентное уравнение собственных значений пластины примет вид

$$|A_*(\omega)| = 0, \quad (8)$$

где A_* – квадратная матрица граничных значений фундаментальных ортонормированных функций с компенсирующими элементами, описывающими топологию системы.

Матрица A_* обладает многими уникальными свойствами. Она является весьма разреженной матрицей общего вида, ее система фундаментальных ортонормированных функций обеспечивает хорошую устойчивость численного процесса ре-

шения краевой задачи, в определителе отсутствуют точки разрыва 2-го рода, формируется без привлечения матричных операций.

Уравнение (8) является трансцендентным частотным уравнением, корни которого дают полный спектр частот собственных колебаний пластины. В отличие от существующих методов, определитель (8) содержит только систему фундаментальных функций, что позволяет существенно упростить поиск частот собственных колебаний. Интервал, содержащий корень уравнения (8), фиксируется при изменении знака определителя или при его стремлении к нулю.

После определения корней уравнения (8) можно найти формы и относительные амплитуды собственных колебаний.

Список литературы:

1. Киселев В. А. Строительная механика / В. А. Киселев – М.: Стройиздат, – 1986. – 520 с.
2. Вайнберг Д. В. Расчет пластин / Д. В. Вайнберг, Е. Д. Вайнберг – Будівельник, – 1970. – 435 с.
3. Рикардс Р. Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин / Р. Б. Рикардс – Рига: Зинатне, – 1988. – 284 с.
4. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений / Под ред. А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, – 1984. – 415 с.
5. Безухов Н. И. Устойчивость и динамика сооружений / Н. И. Безухов, О. В. Лужин, Н. В. Колкунов. – М.: Высшая школа, – 1987. – 264 с.
6. Масленников А. М. Расчет строительных конструкций численными методами / А. М. Масленников. – Л.: Изд-во ЛГУ, – 1987. – 225 с.
7. Дащенко А. Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А. Ф. Дащенко, Л. В. Коломиец, В. Ф. Оробей, Н. Г. Сурьянинов – Одесса: ВМВ, – 2010. – В 2-х томах. – Т. 1. – 416 с. – Т. 2. – 512 с.
8. Огибалов П. М. Оболочки и пластины / П. М. Огибалов, М. А. Колгунов. – М.: Изд-во Московского университета, – 1969. – 696 с.

Section 4. Technical science

*Abbasova Samira Vagif,
Phd., in technical sciences, associate professor of the
Department of Oil and Gas Engineering,
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku
E-mail: abbasovasamira@mail.ru*

METHODOLOGICAL BASIS FOR ESTIMATING THE FILTRATION AND CAPACITANCE PROPERTIES OF THE PRODUCTIVE HORIZON WHEN IT IS OPERATED BY HORIZONTAL WELLS

Abstract: The article considers the influence of the skin zone on the reservoir's filtration-capacitance characteristics. The analysis shows that the disturbance near the bottom hole zone of the well due to plugging of the porous space of the reservoir leads to the formation of a zone with a lower permeability and additional pressure losses – the skin zone. Therefore, before making decision about the impact on the bottom hole zone of a horizontal well, it is necessary to estimate the magnitude of the pressure drop in the skin zone and compare it with the overall pressure difference between the formation and the bottom, the permeability of the skin zone with the formation permeability. This comparison is necessary for timely impact on the bottomhole zone of the well in order to improve the permeability of this zone and increase the productivity of the well.

On a specific example, pressure losses were calculated for horizontal and vertical wells. It is established that at the same value of the positive skin factor, the pressure loss in the skin zone of the horizontal well is always less than its value in the vertical well.

Keywords: collector, wells, production rate, depression, permeability, skin factor, skin zone.

*Аббасова Самира Вагиф,
Кандидат, технических наук,
доцент, кафедры «Нефтегазовая инженерия»,
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности, г. Баку
E-mail: abbasovasamira@mail.ru*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ФИЛЬТРАЦИОННО- ЕМКОСТНЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЕГО ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ

Аннотация: В статье рассмотрено влияние скин-зоны на фильтрационно-емкостные характеристики пласта. Проведенный анализ, показывает, что нарушение в окрестности при-

забойной зоны скважины вследствие закупоривания порового пространства коллектора приводит к образованию зоны с пониженной проницаемостью и дополнительных потерь давления – скин-зоны. Поэтому, предварительно перед принятием решения о воздействии на призабойную зону горизонтальной скважины, необходимо оценить величину падения давления в скин-зоне и сравнить ее с общим перепадом давления между пластом и забоем, проницаемость скин-зоны с проницаемостью пласта. Данное сравнение необходимо для своевременного воздействия на призабойную зону скважины с целью улучшения проницаемости этой зоны и повышения продуктивности скважины.

На конкретном примере были подсчитаны потери давлений для горизонтальных и вертикальных скважин. Установлено, что при одном и том же значении положительного скин-фактора потери давления в скин-зоне горизонтальной скважины всегда меньше его значения в вертикальной.

Ключевые слова: коллектор, скважины, дебиты, перепад давления, проницаемость, скин-фактор, скин-зона.

С целью эффективного управления процессом извлечения нефти из пластов и для решения проблемы улучшения фильтрационных свойств флюидов, увеличения нефтеотдачи пластов для начала необходимо обладать информацией о строении и свойствах нефтяных пластов, об условиях сосредоточения и фильтрации в них нефти. Как известно, нефть неравномерно пропитывает глубокозалегающие плотные, пористые, в большинстве случаев и в большей части объема залежей слабопроницаемые породы – песчаники, известняки или доломиты. Совершенно бессистемно изменяются физические и фильтрационно-емкостные свойства нефтегазоносных пластов, которые беспорядочно расчленены непроницаемыми линзами, слоями и пропластками, вследствие чего и толщина их беспорядочно изменяется [1, 2].

И так нефтегазовый коллектор – горная порода, которая обладает свойствами, позволяющие, накапливать газ, нефть, воду и фильтровать их при наличии перепада давления.

Основные критерии коллектора нефти и газа – его емкостная и фильтрационная характеристики, определяемые пористостью, проницаемостью, а в более общем виде – типом коллектора.

Различают следующие виды коллекторов нефти и газа: терригенные и карбонатные.

Терригенные коллекторы представлены обломочными осадочными породами и зернами минералов различных размеров, сцементированных цементами различного типа. Обычно эти породы сложены в разной мере сцементированными песчаниками, алевролитами, а также в виде смеси их с глинами и аргиллитами и по минералогическому составу – кварцевые и полимиктовые.

Терригенные коллекторы характеризуются очень широким диапазоном фильтрационных свойств. Проницаемость их изменяется от 3–5 до 0,0001–0,001 мкм², а пористость – от 25–26 до 12–14%.

Карбонатные коллекторы слагаются известняками и доломитами и в основном различаются по типу пустотного пространства и емкостным характеристикам. Мелкозернистые, слабопроницаемые, мелкопористые карбонатные коллекторы представляют собой сильно перекристаллизованные породы (матрицы), которые обладают низкой полезной емкостью и плохими фильтрационными свойствами: пористость 8–15%, проницаемость 0,0001–0,001 мкм². Емкостные свойства карбонатных коллекторов этого типа связаны с пористостью матриц, а фильтрационные свойства – с трещиноватостью пород.

Высокопористые, высокопроницаемые карбонатные коллекторы – хорошие объекты для разработки.

Рассмотрим основные концепции разработки коллектора и их прикладное применение к горизонтальным и вертикальным скважинам.

Известно, что вокруг ствола скважины с измененной или уменьшенной проницаемостью (скин-зона) имеется зона дополнительных потерь давления. В результате чего при определенной скорости потока замеренное пластовое давление оказывается меньше, чем теоретически рассчитанное. При бурении скважины необходимо иметь положительное давление в стволе скважины для предотвращения притока пластовых флюидов в скважину. Это приводит к проникновению некоторого объема бурового раствора в коллектор, и твердая фаза, находящаяся в буровом растворе, может закупоривать поровое пространство пласта – коллектора. Это приводит к образованию в стволе скважины зоны с пониженной проницаемостью. Ван Эвердиген и Херст назвали это зоной проникновения фильтра или поврежденной зоной, скин-зоной, и связанное с этим зоной снижение давления как скин-эффект [2, 3, 4, 5, 6].

Как известно, породы с высокой проницаемостью имеют более протяженную зону проникновения бурового раствора, но при этом снижение проницаемости в этих породах незначительно, и положительные значения скин-фактора при этом также незначительны. Напротив, в породах с низкой проницаемостью толщина зоны вторжения незначительна, но при этом снижение проницаемости в этой зоне значительно, и как следствие высокое положительное значение скин-фактора после бурения. По всей вероятности, это связано с тем, что высокопроницаемые породы имеют большие размеры поровых каналов, которые не полностью блокируются. А вот низкопроницаемые породы с маленькими размерами пор полностью блокируются твердой фазой.

Нарушение проницаемости призабойной зоны скважины оказывает сильное влияние на величину понижения забойного динамического давления, соответствующего заданному дебиту скважины, а следовательно на величину коэффициента продуктивности скважины.

Обычно скин-факторы оцениваются с помощью опробования скважины испытателем пластов или методом восстановления давления. Зная скин-фактор, можно рассчитать потери давления вдоль поврежденных зон.

Для вертикальной скважины потери давления ΔP_s зависят от q/h , т.е. от дебита на единицу длины пласта.

$$(\Delta P_s)_{\text{ВЕР}} = \frac{S\mu Bq}{2\pi h} \quad (1)$$

Следовательно, для горизонтальной скважины ΔP_s зависит от q/L , т.е. от дебита приходящегося на единицу длины горизонтального ствола.

$$(\Delta P_s)_{\text{ГОР}} = \frac{S\mu Bq}{2\pi L} \quad (2)$$

где S – скин-фактор; μ – вязкость; B – объемный коэффициент; k – проницаемость; q – дебит скважины; h – мощность пласта; L – длина забоя горизонтальной скважины.

Важнейшим фактором считается, что при одном и том же значении положительного скин-фактора потери давления в скин-зоне горизонтальной скважины всегда меньше его значения в вертикальной. Это связано с тем, что величина дебита, приходящаяся на длину вскрытой толщины пласта для горизонтальной скважины, намного меньше, чем для вертикальной.

Рассмотрим это на следующем примере.

Для интерпретации данных в качестве примера были использованы данные по вертикальной скважине А55 и горизонтальной скважине С27 месторождения «N». Опробирование данных скважин показало, что скин-фактор положительный и равен $S = +1$. По вышеприведенным формулам (1) и (2) были подсчитаны падения давления

в скин-зоне, т.е. поврежденной зоне, для каждой из рассматриваемой скважин.

В результате расчета величина падения давления для вертикальной скважины составила $(\Delta P_s)_{\text{ВЕР.}} = 3$ МПа, а для горизонтальной скважины $(\Delta P_s)_{\text{ГОР.}} = 0,12$ МПа. Как видно из приведенного примера становится ясным, что $(\Delta P_s)_{\text{ГОР.}} > (\Delta P_s)_{\text{ВЕР.}}$. Это дает возможность нам судить о том, что применение конкретного метода воздействия на призабойную зону пласта с целью улучшения проницаемости в случае горизонтальной скважины будет иметь меньшую эффективность, с точки зрения повышения ее продуктивности, чем вертикальной

скважины. Поэтому, предварительно перед принятием решения о воздействии на призабойную зону горизонтальной скважины, необходимо оценить величину падения давления в скин-зоне и сравнить ее с общим перепадом давления между пластом и забоем, проницаемость скин-зоны с проницаемостью пласта. Это сравнение может быть в дальнейшем использовано для определения необходимости своевременного воздействия на призабойную зону скважины (гидроразрыв пласта, кислотная обработка забоя, перфорация и т.д.) с целью улучшения проницаемости этой зоны и повышения продуктивности скважины.

Список литературы:

1. Галкин С. В., Плюснин Г. В. Нефтегазопромысловая геология. – Пермь: ПГТУ, – 2010. – 96 с.
2. Ермолкин В. И., Керимов В. Ю. Геология и геохимия нефти и газа. – М.: Недра, – 2012. – 460 с.
3. Салаватов Т. Ш. Элементы эксплуатации горизонтальных скважин при разработке нефтяных месторождений. – Баку: «Маариф», – 2001. – 83 с.
4. Алиев З. С., Бондаренко В. В. Технология применения горизонтальных скважин. – М.: «Нефть и газ» РГУНГ им. Губкина И. М., – 2006. – 712 с.
5. Зозули Г. П. и др. Особенности добычи нефти и газа из горизонтальных скважин. – М.: «Академия», – 2009. – 176 с.
6. Joshi S. D. Horizontal Well Technology. – USA: Penn well Publishing Company, – 1991. – 535 p.
7. Батлер Р. М. Горизонтальные скважины для добычи нефти, газа и битумов. – Ижевск: ИКИ, – 2010. – 536 с.

*Dadash-zade Mirza Ali,
Phd., Associate professor, Azerbaijan State Oil and
Industry University Oil and Gas engineering department.*

E-mail: mirza_dadashzade@mail.az

*Aliyev Inqlab Namiq,
Professor assistant, Ph D.,
student, Azerbaijan State Oil and Industry University.*

Oil and Gas engineering department

E-mail: inqlab_aliyev@hotmail.com

THE ACCOUNT OF A STAGNANT ZONE FOR DEFINITION OF PERMEABILITY IN GAS LAYERS

Abstract: Numerous laboratory and field studies have shown that the basic laws of fluid filtration are also valid for the filtration of gases. However, often in the process of drilling and operation a new zone with different physical properties appears. This zone can influence the productivity of the production gas well both positively and negatively. This zone is called the Skin zone. For the first time, American researchers drew attention to this effect. Thus, the appearance of the Skin Zone affects the shape of the initial sections of the bottomhole pressure tracing graphs. In this regard, the concept of the Skin effect has been introduced into the course of underground hydrodynamics, which, in sense, should be translated as the influence of the bottomhole zone (that is, the effect of the formation permeability in the vicinity of the investigated well) on productivity.

Keywords: Skin effect; collector; permeability; radius; well pressure; contour pressure; dynamic viscosity.

*Дадашзаде Мирза Ахмед оглы,
к.т.н., доцент кафедры «Нефтегазовая инженерия»
Азербайджанский Государственный Университет Нефти
и Промышленности (АГУНП)*

E-mail: mirza_dadashzade@mail.az

*Алиев Инглаб Намик оглы,
диссертант, ассистент кафедры «Нефтегазовая инженерия»
Азербайджанский Государственный Университет Нефти
и Промышленности (АГУНП)*

E-mail: inqlab_aliyev@hotmail.com

УЧЕТ ЗАСТОЙНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ В ГАЗОВЫХ ПЛАСТАХ

Аннотация: В процессе бурения и эксплуатации при фильтрации потоках возникает новая зона, с иными физическими свойствами. Данная зона может влиять на производительность

эксплуатационной газовой скважины как положительно, так и отрицательно. Такая зона называется Скин-зоной. Исследователи обратили внимание на данный эффект. Так, возникновение Скин-зоны влияет на форму кривых восстановления давления. В связи с этим в курс подземной гидродинамики введено понятие Скин-эффекта, которое по смыслу следует перевести как влияние призабойной зоны (то есть влияние проницаемости пласта в ближайшей к стенке окрестности исследуемой скважины) на производительность.

Ключевые слова: Скин-эффект; коллектор; проницаемость; радиус; давление в скважине; давление на контуре; динамическая вязкость.

При исследовании скважин на стационарном режиме фильтрации, часто называемом методом установившегося отбора и базирующемся на связи между установившимися забойными (устьевыми) давлениями и дебитом газа на различных режимах, дает возможность определить следующие параметры: [1÷7].

а) Зависимость дебита газа от депрессии на пласт и давление на устье скважины;

б) Некоторые особенности изменения забойного и устьевого давлений от дебита газовой скважины;

в) Коэффициент проницаемости;

г) Учет количества выносимых жидких и твердых примесей при различных режимах работы газовой скважины.

д) Условия разрушения призабойной зоны и возникновение застойной зоны;

е) Различные параметры технологического режима работы газовых скважин;

ж) Учет влияния коэффициента гидравлического сопротивления трубы на режим работы скважины.

Отметим, что перед началом исследований методом установившихся отборов давление на устье скважины должно быть равным статическому, как правило, исследование проводится прямым ходом, то есть, начиная от меньших дебитов к более высоким. Газовую скважину пускают в работу с небольшим дебитом до полной стабилизации давления и производительности, непрерывно регистрируются полученные результаты, которые используются для определения параметров пла-

ста, в том числе для определения проницаемости. После проведения соответствующих замеров давления на забое, на устье, в затрубном и межтрубном пространствах в необходимых точках скважины закрывают. При этом давление в скважине начинает восстанавливаться и при этом процесс восстановления давления также отмечается непрерывно, что позволяет при соответствующей обработке определить параметры коллектора.

Наличие значительного количества влаги в продукции забойного давления по замерам на устье скважины в фонтанных трубах определяется приблизительно с использованием соответствующего коэффициента сопротивления с учетом количества влаги в добываемом газе. Если газовая скважина перед началом исследования работала, то следует ее закрыть для восстановления давления до статического, затем измерить давление и температуру с целью определения пластового давления.

В разведочных, инжекционных и эксплуатационных скважинах достоверность полученных результатов существенно зависит и от образования конденсата на забое, а также от конструкции скважин. Полный цикл испытания на стационарных режимах фильтрации газа можно осуществить при всестороннем использовании существующих средств для испытания скважин.

При обработке результатов испытания газовых скважин используют различные радиусы скважины, контур питания или круговую непроницаемую границу, приведенной скважины и внешние границы возмущенной области. Погрешность

при определении данных параметров связана с гидродинамическим несовершенством скважины, изменением геометрии забоя в процессе бурения и эксплуатации.

В процессе бурения и эксплуатации вокруг забоя образуется новая зона с новым параметром фильтрации. Данная зона называется застойной зоной пласта и характеризуется «Скин-фактором».

Исследование показывает, что в большинстве случаев для обработки результатов испытания скважин методом установившихся отборов используют методы, формулы, при выводе которых коэффициенты динамической вязкости постоянны. Однако при высоких пластовых давлениях и больших депрессиях допущение о постоянстве динамической вязкости приводит к искажению определенных параметров. В данных случаях используются формулы, учитывающие изменение реальных свойств газа от давления.

Проведенные исследования показывают, что проницаемость коллектора для газа является функцией средней длины свободного пробега молекул, следовательно, проницаемость будет зависеть от давления, температуры и от состава газа.

Из литературы [1, 2, 3] известно, что при фильтрации природного газа за счет изменения температуры и давления, возникает зона, в которой увеличивается сопротивление пористого коллектора. Такую зону называют застойной или «Скин-зоной». Возникновение данной зоны зависит от наличия жидкости воды, водяного пара, конденсата, вызванное термодинамическими условиями в процессе движения газа или газоконденсата в пласте. Часто этот процесс возникает за счет обводненности продукции, закачки антигидратов или антикоррозионных ингибиторов в скважину, загрязнением забоя скважины глинистым раствором, механическими частицами и так далее.

Для решения данной задачи примем что, природный газ в пласте фильтруется при радиальном установившемся движении по линейному закону.

В случае радиальной фильтрации массовая скорость определяется как

$$M = \nu \rho F = -\frac{k\rho}{\mu} F \frac{dP}{dr} \quad (1)$$

где ν – скорость фильтрации газа;

F – площадь газа в условиях пласта;

k – проницаемость пласта по газу;

$\frac{dP}{dr}$ – градиент давления.

Из курса подземной гидравлики известно, что площадь сечения при одномерном радиальном установившемся движении газа можно определить как:

$$F = 2\pi r h \quad (2)$$

где h – мощность пласта;

r – искомый радиус.

Подставляя и решая данное уравнение в уравнении фильтрации, с учетом изотермических процессов, в качестве уравнения состояния газа можно принять:

$$\rho = \rho_0 \frac{P}{P_0} \quad (3)$$

где P_0 – атмосферное давление;

ρ_0 – плотность газа при атмосферных условиях;

P – заданное давление.

С учетом выше сказанного, решая относительно давления и радиуса имеем:

$$\frac{M\mu P_0}{2\pi h k \rho_0} \frac{dr}{r} = -PdP \quad (4)$$

Граничные условия в рассматриваемом случае радиальной фильтрации газа следующие:

$$\begin{aligned} r = R_c; & \quad P = P_c; \\ r = R_k; & \quad P = P_k; \\ r = R_s; & \quad P = P_s. \end{aligned} \quad (5)$$

где R_c – радиус действующей скважины;

R_k – радиус контура питания;

R_s – радиус контура загрязненной зоны, то есть Скин-зоны;

P_c – давление на забое скважины;

P_k – давление на контуре питания;

P_s – давление на контуре Скин-зоны.

На основе законов подземной гидравлики примем, что в зоне Скина проницаемость отличается от проницаемости, что связано с загрязнением данной зоны. С учетом выше сказанного, подставляя граничные условия, имеем:

$$\frac{M\mu P_0}{2\pi h\rho_0} \left[\int_{R_c}^{R_s} \frac{1}{k_s} \frac{dr}{r} + \int_{R_s}^{R_k} \frac{1}{k} \frac{dr}{r} \right] = \int_{P_c}^{P_s} PdP + \int_{R_s}^{R_k} PdP \quad (6)$$

Проведя упрощения и введем новый параметр с положительным и отрицательным значениями в виде $\left(\ln \frac{R_s}{R_c} \right)$

$$\frac{M\mu P_0}{2\pi h\rho_0 k} \left[\frac{k}{k_s} \ln \frac{R_s}{R_c} + \ln \frac{R_k}{R_s} + \ln \frac{R_s}{R_c} - \ln \frac{R_s}{R_c} \right] = \frac{P_k^2 - P_c^2}{2} \quad (7)$$

Делаем группировку:

$$\frac{M\mu P_0}{\pi h\rho_0 k} \left[\ln \frac{R_s}{R_c} \left(\frac{k}{k_s} - 1 \right) + \ln \left(\frac{R_k}{R_s} \frac{R_s}{R_c} \right) \right] = P_k^2 - P_c^2 \quad (8)$$

Теперь в данное уравнение введем понятие Скин-фактор:

$$S = \ln \frac{R_s}{R_c} \left(\frac{k}{k_s} - 1 \right) \quad (9)$$

Тогда, в конечном виде, имеем:

$$\frac{M\mu P_0}{\pi h\rho_0 k} \left[S + \ln \frac{R_k}{R_c} \right] = P_k^2 - P_c^2 \quad (10)$$

Данное уравнение можно решить относительно проницаемости:

$$k = \frac{M\mu P_0}{\pi h\rho_0 (P_k^2 - P_c^2)} \left[S + \ln \frac{R_k}{R_c} \right] \quad (11)$$

В данной формуле проницаемость является общей проницаемостью с учетом Скин-фактора. В случае, когда имеем известную формулу для радиальной фильтрации. Заменяя массовый расход, находим:

$$k = k_n + k_s \quad (12)$$

где

$$k_n = \frac{Q\mu P_0}{\pi h (P_k^2 - P_c^2)} \ln \frac{R_k}{R_c} \quad a \quad k_s = \frac{Q\mu P_0}{\pi h (P_k^2 - P_c^2)} S \quad (13)$$

где k_n и k_s – соответственно проницаемость пласта и Скин-зоны.

Промысловая практика показывает, что величина Скин-фактора обычно меньше 20. Воздействие на призабойную зону пласта повышает проницаемость Скин-зоны, что является результатами отрицательного данного параметра ($S < 0$). Практика показывает, что нижний предел значения Скин-фактора ($S = -5$). При этом, необходимо отметить, что уменьшение проницаемости призабойной зоны пласта характеризуется положительным Скин-фактором ($S > 0$). В случае, когда проницаемость пласта и Скин-зоны равны, величина данного параметра равна нулю ($S = 0$).

С учетом Скин-фактора можно записать:

$$k = k_n \pm k_s \quad (14)$$

То есть, в случае когда призабойная зона загрязнена, в процессе бурения или эксплуатации, то в этом случае (k_s) имеем отрицательное значение, тогда общая проницаемость уменьшается, а в случае, когда проведены дополнительные мероприятия по улучшению призабойной зоны, то проницаемость Скин-зоны имеет положительное значение ($S < 0$), так как общая проницаемость увеличивается.

Выводы

1) Более достоверные данные при исследовании работы скважиндает учет Скин-зоны.

2) На основе полученных значений Скин-зоны можно планировать те или иные запланированные мероприятия в призабойной зоне скважины.

3) Результаты дают возможность определить истинное значения проницаемости, которая в данном случае является суммой значений двух проницаемостей, зависящих от величины Скин-фактора.

4) Учет Скин-зоны при определении коэффициента проницаемости уточняет данный параметр и дает возможность регулировать работы по улучшению призабойной зоны.

Список литературы:

1. Щелкачев В. Н., Лапук Б. Б. «Подземная гидравлика». Изд. «НИЦ», – Москва. – 2001. – 736 с.
2. Шагиев Р. Г. «Исследование скважин по КВД». Изд. «Наука», – Москва. – 1998. – 304 с.
3. Леонов Е. Г., Исаев В. И. «Гидроаэромеханика в бурении». Изд. «Недра», – Москва. – 1987. – 301 с.
4. Пыхачев Г. Б. Исаев Р. Г. «Подземная гидравлика». Изд. «Недра», – 2012. – 268 с.
5. «Подземная гидравлика» – М., «Ижевск» – 2014 г. – 520 с. Под руководством профессора Басниева К. С.
6. Салаватов Т. Ш., Дадашзаде, Алиев И. Н. «Анализ движения реальных газов в пористой среде по линейному закону фильтрации с учетом Скин-зоны.». «ВЕСТНИК» Азербайджанской Инженерной Академии. – Баку., – № 1/2018 г. – С. 41–44.
7. Алиев И. Н. «Влияние Скин-зоны на процесс эксплуатации скважин». Журнал «Экоэнергетика». – Баку., – № 4. – 2017 г. – С. 40–44.

*Alosmanov Mirali Seyfaddin oglu,
Institute of geology and geophysics of the national
academy of sciences of Azerbaijan, professor,*

*Ibrahimova Sinduz Mamed qizi,
senior teacher, faculty of "Chemical technology"*

*Atayev Matlab Sixbala oglu,
associate professor, faculty of "Chemical technology"*

*Mammadova Gulnura Mustafa qizi,
associate professor, faculty of "Chemical technology"*

*Geraybeyli Samira Aslan qizi,
senior laboratory assistant, faculty of "Chemical technology",
Azerbaijan State University of Oil and Industry
E-mail: aygun.b74@mail.ru*

TECHNOLOGY FOR COMPLEX PROCESSING OF WASTE OIL MINING INDUSTRY

Abstract: the paper presents the results of a study on the development of technology of complex processing of wastes of oil-and mining industry. The developed technology allows to obtain on the basis of industrial waste materials that can be used as a meliorant and as fertilizer for increasing agricultural productivity swampy, salty, rocky and mixed soils.

Key words: Drill cuttings, natural resources, ameliorant, technology, oil and mining industry.

*Алосманов Мирали Сейфаддин оглы,
профессор, Институт геологии и геофизики национальной
академии наук Азербайджана, Ибрагимова Синдуз Мамед кызы,
старший преподаватель, факультета «Химическая технология»*

*Атаев Матлаб Шихбала оглы,
доцент, факультета «Химическая технология»*

*Мамедова Гюльнура Мустафа кызы,
доцент, факультета «Химическая технология»*

*Герайбейли Самира Аслан кызы,
старший лаборант, факультета «Химическая технология»,
Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
E-mail: aygun.b74@mail.ru*

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ НЕФТЯНОЙ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: Представлены результаты исследования по разработке технологии комплексной переработки отходов нефтяной и горнорудной промышленности. Разработанная технология

позволяет получать на основе промышленных отходов материалы, которые могут быть использованы в качестве мелиоранта и в качестве удобрения для повышения сельскохозяйственной продуктивности болотистых, солоноватых, каменистых и смешанных почв.

Ключевые слова: Буровые шламы, природные ресурсы, мелиорант, технология, нефтяная и горнорудная промышленность.

На современном этапе развития цивилизации перед человечеством возник целый ряд проблем глобального характера связанных с постоянно растущим антропогенным воздействием на природу. Среди наиболее реальных опасностей для жизни и здоровья людей, в первую очередь следует указать на резкое снижение запасов пресной воды, повышение содержания в почве и воде токсичных соединений, увеличение вредных выбросов в атмосферу, постоянно растущий уровень радиации т.п. Значительную экологическую опасность представляют также все процессы, связанное с добычей, хранением, переработкой и транспортировкой нефти. Глобальное загрязнение окружающей среды, с одной стороны, и очень быстрое истощение природных ресурсов, с другой стороны, могут привести к мировому кризису все человечество. Оценка современного экологического состояния планеты в целом указывает на необходимость безотлагательного решения проблемы охраны окружающей среды. В этой связи весьма острыми являются вопросы утилизации производственных отходов. Рациональное использование дешевого и неисчерпаемого сырья – отходов различных производств является актуальным, как с экологической, так и экономической точки зрения.

Буровой шлам, сваленный вокруг буровых вышек, продолжает оставаться источником пыли – летом, а зимой причиной заболоченности, как в горных, так и в равнинных областях. Это вызывает нарушение экологического равновесия, загрязнение места обитания, пастбищ, атмосферы, гидросферы и литосферы, и является причиной различных заболеваний. С каждой действующей скважины за период эксплуатации получают 80–

100 м³ шлама. С другой стороны, буровые шламы, отличаются наличием многочисленных макро- и микроэлементов, и могут быть использованы при получении модифицированных соединений, обладающих свойствами защиты растений.

Анализ научной литературы показал, что существуют различные способы утилизации бурового шлама [1–4]. Однако, известные способы имеют такие недостатки, как трудоемкость процесса утилизации, использование дорогого оборудования и специальных реагентов, высокая стоимость процесса утилизации. Кроме того не полностью устраняется токсичность буровых шламов, полученный материал не содержит достаточное количество питательных веществ и не обладает качеством, позволяющим осуществлять химическую мелиорацию поврежденных земель для повышения их сельскохозяйственной продуктивности.

С учетом вышеизложенного нами исследован процесс и разработана технология комплексной переработки отходов нефтяной и горнорудной промышленности.

Для проведения исследований были использованы следующие отходы нефтяной и горнорудной промышленности.

Буровой шлам процесса бурения нефтяных скважин, химический состав образцов которого представлен в таблице 1.

– следующего состава (масс.%): Na₂O 1,64–2,3; MgO 2,39–3,37; Al₂O₃ 8,93–14,55; SiO₂ 37,85–60,05; P₂O₅ 0,14–0,16; SO₃ 0,98–5,40; K₂O 0,97–2,10; CaO 2,27–5,88; TiO₂ 0,7–0,91; MnO 0,039–0,059; Fe₂O₃ 2,71–5,78; BaO 1.82–15.15; X компоненты, выделяемые при температуре 950° С (%) 11,76–19,10.

Таблица 1.

№	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	BaO	X
1.	2,3	2,73	12,13	37,85	0,14	5,40	0,97	4,27	0,91	0,052	2,71	15,15	15,15
2.	1,84	3,23	13,80	41,90	0,15	2,97	1,29	5,17	0,79	0,058	4,18	5,52	18,20
3.	1,70	3,37	14,55	42,09	0,15	2,51	1,26	5,23	0,77	0,059	4,22	4,67	19,10
4.	1,64	3,09	8,93	46,87	0,14	5,02	1,04	4,35	0,88	0,053	2,92	9,34	15,70
5.	1,80	2,97	9,17	54,85	0,16	1,32	1,54	5,88	0,73	0,058	5,78	2,46	12,30
6.	2,12	2.39	10,32	60,05	0,15	0,98	2,10	2.27	0,70	0,039	4,74	1,82	11,76

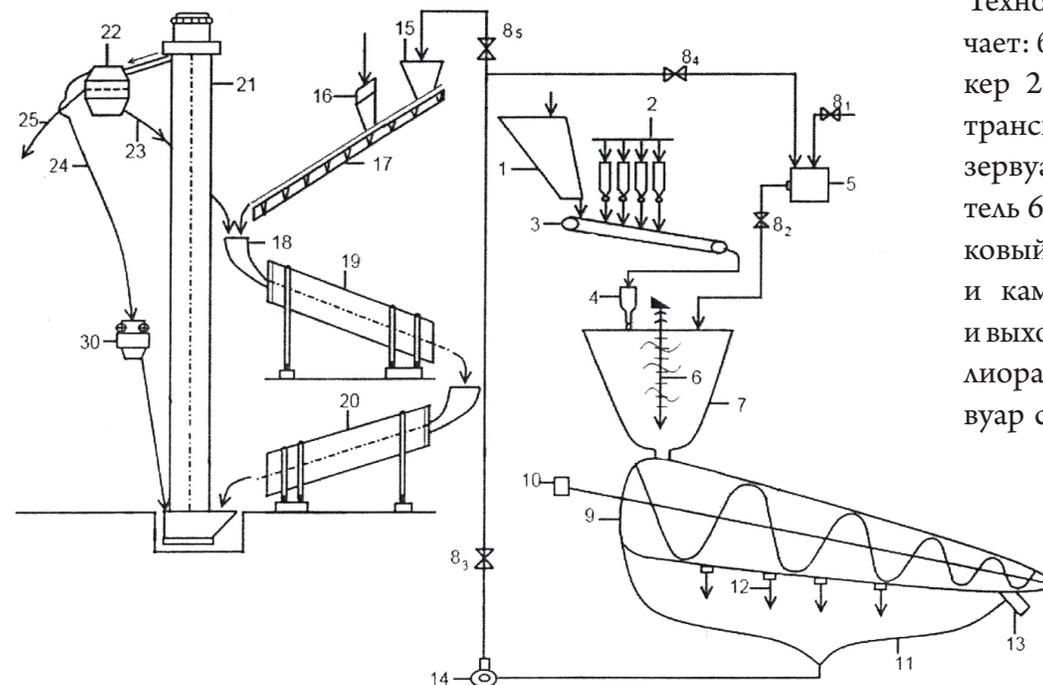
Калий и фосфорсодержащая глина Хазынско-го месторождения Азербайджанской Республики следующего состава (мас.%): Na₂O 2,62–2,71; Mg₂O 1,92–2,11; Al₂O₃ 10,28–11,30; SiO₂ 63,50–63,86; P₂O₅ 0,98–1,03; K₂O 1,54–3,66; Ca₂O 1,67–1,83; TiO₂ 0,79–0,84; Мп₂O 0,11–0,19; Fe₂O₃ 6,26–6,44; КТ (количество компонентов, выделяемых при нагревании) 0,66–0,78.

Хызынская глина, содержащая множество макро-, микро и других питательных элементов, в частности K₂O, используется в настоящее время на 50–60%. Отработанная азотная кислота промысла по добыче медной руды медных руд-

ников Гедабека Азербайджанской Республики, содержащая (мас.%): HNO₃ 27–35; F 0,01–0,03; Си 0,011–0,02; Ni 0,01–0,02; Cr 0,02–0,05; Мо 0,02–0,04; H₂O – остальное.

Промысловая вода медных рудников Гедабека Азербайджанской Республики, которая имеет следующий состав (г/л): Си 25–37; Zn 5,6–8,9; Cd 0,31–0,66; С 0,2–0,6; Ni 0,010–0,015; Мп 4–7; SiO₂ 0,22–0,33; H₂O – остальное.

Отход Шурабадского месторождения ракушечника Азербайджанской Республики с размером фракции < 5мм.



Технологическая схема включает: бункер 1 для шлама, бункер 2 для Хызынской глины, транспортер 3, дозатор 4, резервуар с кислотой 5, смеситель 6, реактор 7, кран 8, шнековый пресс 9 с валом 10 и камерой 11, спорами 12 и выходным патрубком для мелиоранта 13, насос 14, резервуар с жидкостью 15, бункер с ракушечником 16, шнек 17, слив 18, гранулятор 19, осушитель 20, элеватор 21, сито 22, ретур 23, дробилка 24, готовый продукт 25.

Рисунок 1.

Предложенная технология предусматривает комплексное использование буровых шламов и калий и фосфорсодержащих глин. Сущность разработанной технологии заключается в том, что для обогащения целевых продуктов питательными элементами – калием, азотом, медью и цинком, смесь буровых шламов и калий и фосфорсодержащие глины обрабатывают отработанной азотной кислотой, разбавленной промышленной водой медных рудников до концентрации 5–10%, с последующим разделением образовавшейся пульпы на твердую и жидкую фазы. При этом в жидкую фазу вводят ракушечник с обеспечением рН среды 6–7,5. Способ переработки отходов нефтяной и горнорудной промышленности осуществляют по представленной технологической схеме (рис. 1):

Способ осуществляют следующим образом:

Буровой шлам после очищения от механических примесей высушивают измельчают и подают в конический бункер (1), далее – на транспортер (3), куда одновременно из бункеров малого размера (2) подают калий и фосфорсодержащую глину. Смесь бурового шлама и калий и фосфорсодержащей глины через дозатор (4) поступает в реактор (7), туда же из резервуара (5) под давлением подают разбавленную промышленной

водой 5–10%-ную азотную кислоту в количестве, необходимом для достижения отношения твердой фазы к жидкой, равным 1:1,5–2. Смесь перемешивают в реакторе 30–35 минут до получения гомогенной смеси, после чего берут пробу для определения количественного и качественного химического состава образованной пульпы. Пульпу из реактора подают на шнековый пресс (9), где через поры (12), находящиеся в нижней части шнекового пресса отделяют жидкую фазу в камеру (11), твердую фазу собирают в конце шнекового пресса и выгружают через патрубок (13) как целевой продукт – мелиорант.

Жидкую фазу из камеры при помощи насоса (14) направляют в резервуар для жидкости (15), а оттуда на шнек (17). Одновременно на этот же шнек из бункера (16) подают ракушечник, смесь через слив (18) подают на гранулятор (19). Сюда же через сито (22) подают ретуру (23). Из гранулятора материал поступает на осушитель (20), далее в элеватор (21) и оттуда в сито (22), где материал разделяют на три фракции: частицы размером менее 1 мм идут в ретуру; частицы размером 1–5 мм готовый продукт (25); частицы размером более 5 мм направляют в дробилку (24) и после измельчения возвращают в процесс переработки. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2.

№	Поступающие на установку компоненты				Продукты переработки		
	Буровой шлам (кг)	Калий и фосфорсодержащая глина (кг)	Отработанная азотная кислота (кг)	Промысловая вода (кг)	Твердая фаза (кг)	Жидкая фаза (К, Mg, N, P, Mn, Cu, Zn, S) (кг)	Степень размельчения (%)
1.	100	50	30	20	65	135	92
2.	100	50	35	15	60	140	93
3.	100	50	40	20	58	152	90
4.	100	50	45	25	56	164	95
5.	100	55	25	20	67	133	91
6.	100	60	20	20	70	130	90
7.	100	65	15	20	75	125	88

Полученные в процессе переработки отходов нефтяной и горнорудной промышленности, как из твердой, так и из жидкой фаз материалы могут быть использованы в качестве мелиоранта для улучшения гранулометрического и физико-

химического состава поврежденных земель, для повышения их сельскохозяйственной продуктивности, и в качестве удобрения для повышения плодородности болотистых, солончатых, каменистых и смешанных почв.

Список литературы:

1. Патент РФ 2229494, С09К 7/00, опубл. 27.05.2004.
2. Патент РФ 2323293, E01C3/04, опубл. 27.04.2008.
3. Патент РФ 2439098, E21B C08K 11/00, C04B 18/04, опубл. 10.01.2010.
4. Патент РФ 2524708, 21/06, C04B 18/04, B09B 3/00, опубл. 10.08.2014.

*Davidovsky Anatoly Grigorievich,
Associate Professor, Computer Aided Design Department
Belarusian State University Informatics and Radioelectronics,
E-mail: agd2011@list.ru*

MATHEMATICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF THE COSMO-HELIO-GEOPHYSICAL FACTORS ON ENERGY INFRASTRUCTURES SAFETY

Abstract: the paper presents a mathematical model describing the spatio-temporal scale of the event and the severity of consequences in case of accidents in the energy infrastructures, accompanying heavy socio-technical and socio-economic latter effects.

Keywords: energy infrastructures, safety, cosmo-helio-geophysical factors, mathematical modeling.

*Давыдовский Анатолий Григорьевич,
доцент, факультет компьютерного проектирования
Белорусский государственный университет
информатики и электроники,
E-mail: agd2011@list.ru*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОСМО- ГЕЛИО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Аннотация: В статье представлены математические модели, описывающие пространственно-временные масштабы событий и степень тяжести последствий при авариях в энергетических инфраструктурах, сопровождающихся тяжелыми социотехническими и социально-экономическими последствиями.

Ключевые слова: энергетические инфраструктуры, безопасность, космо-гелио-геофизические факторы, математическое моделирование.

Актуальность проблемы. Сложные и территориально протяженные энергетические инфраструктуры (ЭИС) являются критически важными для функционирования национальной экономики. Как свидетельствует опыт эксплуатации объектов ЭИС, их надежность в значительной мере подвержена влиянию изменений солнечной активности и метеорологических факторов. Такие изменения ежегодно провоцируют накопление многочисленных отказов в ЭИС, которые располагают к развитию каскадных аварийных си-

туаций. В большинстве случаев для потребителей электроэнергии подобные ситуации проходят незамеченными, поскольку устраняются средствами релейной защиты и противоаварийной автоматики. Вместе с тем, флуктуации солнечной (гелиофизической) активности и погодно-климатические аномалии нередко являются причиной каскадных аварийных ситуаций в ЭИС, сопряженных с потерей энергоснабжения значительных регионов и территориально-производственных систем. Статистика свидетельствует о значительном уве-

личении системных и каскадных аварий на объектах критически важных ЭИС в конце XX – начале XXI вв. [1–3]. Авария в энергосистеме ЭИС – это нарушение нормального режима ЭИС, связанное с повреждением ее оборудования, временным ухудшением качества передачи электроэнергии или перерывом в электроснабжении потребителей. Подобные события в ЭИС в англоязычной литературе известны как «блэкаут» [2, 3]. При этом фундаментальное значение приобретают разработки и исследования математических моделей, учитывающих влияние космофизических и метеорологических факторов на надежность и безопасность объектов ЭИС.

Цель исследования – теоретическое обоснование и разработка математических моделей, характеризующих влияние космо-гелио-геофизических факторов на безопасность функционирования объектов энергоинфраструктур.

Системный анализ инцидентов, аварий и катастроф на объектах энергоинфраструктуры. Для системного анализа были охарактеризованы корреляционные связи между показателями солнечной активности и инцидентами (авариями и катастрофами) в энергетических и энерготранспортных системах в период с 1960 по 2017 гг. В этой связи были проанализированы интернет-ресурсы о 47 крупных аварийных инцидентах в ЭИС в период с 1965 до 2017 гг. [5, 7], включая каскадное прекращение подачи электроэнергии на Среднем Западе США (28.01.1965); выход из строя линии электропередач Ниагарского энергоузла Онтарио (близ границы со штатом Нью-Йорк), США (09.11.1965); блэкаут «ночь страха» в Нью-Йорке (массовое отключение электроснабжения), США (13.07.1977); тяжелая системная авария в энергосистеме Франции, в результате которой было нарушено электроснабжение промышленных и бытовых потребителей с общей нагрузкой около 30 млн. кВт (примерно 75% суммарной нагрузки Европейской энергосистемы), энергопотери потре-

бителей составили 100 млн. кВт ч (19.01.1978); отключение теплоэлектростанций в Алма-Ате, Казахстан (07–11.02.1986); каскадная авария западной части системы энергоснабжения (СЭС) Франции вследствие перегрузки из-за низкой температуры воздуха, произошли отключения четырех энергоблоков на одной из теплоэлектростанций, затем – ещё девять блоков на четырех АЭС с потерей 12 млн. кВт (12.01.1987); авария СЭС в Токио, Япония (23.07.1987); масштабные сбои произошли в СЭС в провинции Квебек в Канаде вследствие геомагнитной бури (13–14.03.1989); отключение электричества в Грузии (04.05.1993); авария на Ингурской гидроэлектростанции (ГЭС) и Тбилисской ГРЭС, Грузия (15.11.1994); авария на Тбилисской СЭС и в регионе всей Восточной Грузии (08.01.1995); отключение электроснабжения в метро Лондона, Англия (06.04.1996); перерасход энергии в СЭС в западных штатах США и некоторых районах Мексики вследствие жары (11.08.1996); крупный блэкаут в Сан-Франциско, (23.10.1997); блэкаут в Сан-Франциско из-за ошибок строительных работ, США (08.12.1998); каскадная авария в Свердловскэнерго из-за ошибки оператора, Россия (09.09.2000); «веерное» отключение электроснабжения в Калифорнии, США (17–20.03.2001); авария энергосистемы Нигерии (01.06.2001); «Великий блэкаут-2003» в США и Канаде с отключением электроснабжения части Лонг-Айленда, округа Уэстчестер, штатов Нью-Джерси, Вермонта, Коннектикута и большей части юга провинции Онтарио, включая Торонто (14.08.2003); аварийное отключение ГЭС в Ингури, Грузия (18.08.2003); аварийный блэкаут в Хельсинки, Финляндия (23.08.2003); авария в СЭС Великобритании (28.08.2003); крупная авария в СЭС Мехико, Мексика (02.09.2003); каскадное отключение СЭС Швеции и востока Дании (23.09.2003); авария в СЭС Италии (28.09.2003); авария на электростанции Греция (12.07.2004); крупное

отключение электроснабжения в Иордании (09–10.08.2004); авария на линии электропередач (ЛЭП) «Имерети» (13.08.2004) и на ЛЭП «Картли-2», Грузия (10.10.2004); авария на подстанции Чагино (Москва), Россия (25.05.2005); блэкаут в Токио, Япония (14.08.2006); масштабное каскадное отключение СЭС Германии, Бенилюкса, Франции, Испании, Португалии, Италии, Австрии и Хорватии (04–05.11.2006); блэкаут в части Смоленской области Подмосковья, Россия (14–15.10.2007); авария на ЛЭП «Нурек-Регар» с последующим блэкаутом, Таджикистан (09.11.2009); авария на ГЭС (гидроэлектростанции) «Итайпу» с последующим блэкаутом в 9 из 27 штатов в Бразилии (11.11.2009); массовое отключение электроэнергии в Санкт-Петербурге, Россия (20.08.2010); авария на ЛЭП Рио-де-Жанейро, Бразилия (12.12.2010); блэкаут в 8 штатах Южной Америки (04.02.2011); каскадный блэкаут в Южной Калифорнии и Аризоне, США (10.09.2011); масштабная авария в СЭС Индии (30.07.2012); блэкаут в Каракасе, Венесуэла (03.09.2013); веерное отключение электроэнергии в Крыму (20.11–8.12.2015); отключение электроподстанций в Екатеринбурге, Россия (15.11.2016) [1, 4, 6].

При выполнении исследования осуществлялся анализ показателей солнечной активности и метеорологических факторов, включая число Вольфа (W) за 3 и 6 предыдущих месяцев ($W_{3мес}$ и $W_{6мес}$), количество солнечных пятен – the number of sunspots (Ns_0), количество солнечных пятен на момент аварии, а также за 3 и 6 предыдущих месяцев (Ns_0 , $Ns_{3мес}$ и $Ns_{6мес}$), максимальная, минимальная и средняя температура воздуха (T_{max} , T_{min} , T_{cp}), скорость ветра (the wind speed – WS), уровень атмосферных осадков (atmospheric precipitation – AP) в регионе во время возникновения аварийной ситуации на объектах ЭИС. Выполнен множественный корреляционный анализ между характеристиками космо-гелио-геофизических и погодно-клима-

тических факторов. Для расчетов использован процессор MS Excel for Windows 2010.

Влияние геомагнитных бурь на надежность и безопасность энергетической инфраструктуры. Геомагнитные бури (ГМБ), обусловленные флуктуациями солнечной активности, а также связанные с ними возмущения геомагнитного поля индуцируют на поверхности земли электрические поля длительностью много большей периода (0,02 с) рабочей частоты электрической сети – квазистационарные поля, в результате чего между заземлителями подстанций формируется квазипостоянная электродвижущая сила [2, 3]. Как результат, в ЭИС увеличивается потребление реактивной мощности и снижается пропускная способность электрической сети, происходит падение напряжения, появляются высшие гармонические составляющие тока и напряжения, возможны ложные срабатывания релейной защиты и автоматики, и, как следствие, нарушение электроснабжения потребителей [8]. Для анализа рисков развития аварий и нарушения в ЭИС при развитии ГМБ необходимо обеспечить безаварийное функционирование силовых трансформаторов, подверженных наибольшему воздействию геоиндуцированных токов [5, 7, 8].

Математические модели влияния космо-гелио-геофизических факторов на безопасность энергоинфраструктуры. Обобщены и систематизированы статистические данные о показателях солнечной (гелиофизической) активности и погодно-климатических факторах в регионах, где располагались объекты ЭИС во время развития крупных аварий с тяжелыми социотехническими и социально-экономическими последствиями.

На основе статистического анализа собранных данных о показателях солнечной активности и региональных погодно-климатических и космо-гелио-геофизических характеристик в период возникновения аварийного инцидента были разработаны 18 математических моделей множественной

линейной регрессии, описывающие пространственно-временной масштаб аварий (spatial and temporal scale accidents – STSA) и степени тяжести последствий аварий (severity of consequences of accidents – SCA) в ЭИС.

Все разработанные модели была исследованы на мультиколлинеарность, автокорреляцию остатков и гетероскедастичность. В результате были отобраны четыре модели множественной линейной регрессии SCA_1 , SCA_2 , $STSA_1$ и $STSA_2$, удовлетворяющие трем вышеназванным критериям, представленные уравнениями (1)–(4). Таковыми оказались модели SCA_1 (уравнение 1) и SCA_2 (уравнение; 2), рассматривающие зависимость пространственно-временного масштаба аварий в ЭИС от среднего значения числа Вольфа за шесть предыдущих месяца ($W_{6мес}$), количество солнечных пятен (Ns_0) на момент события и среднего значения за три предыдущих месяца ($Ns_{3мес}$), максимальной, минимальной и средней температуры воздуха (T_{max} , T_{min} , T_{cp}), скорости ветра (WS) и уровня атмосферных осадков (AP):

$$SCA_1 = 1,629 - 0,01195W_{6мес} + 0,0003Ns_0 - 0,00048Ns_{3мес} + 0,0116Ns_{6мес} + 0,00424T_{cp} - 8,74435(E - 05) WS - 0,0195AP, \quad (1)$$

$$SCA_2 = -0,169 + 0,4897SE + 0,0029W_{6мес} - 0,001845Ns_{3мес} + 0,00267T_{cp} - 0,0466WS - 0,01746AP. \quad (2)$$

А также модели $STSA_1$ (уравнение 3) и $STSA_2$ (уравнение 4) рассматривающие зависимость пространственно-временного масштаба аварий от среднего значения числа Вольфа за три и шесть предыдущих месяцев ($W_{3мес}$ и $W_{6мес}$), количества солнечных пятен на момент события (Ns_0) и среднего значения за три и шесть предыдущих месяцев ($Ns_{3мес}$ и $Ns_{6мес}$):

$$STSA_1 = 5,044 - 0,173W_{6мес} - 0,043Ns_0 + 0,137Ns_{3мес} - 0,559T_{max} + 0,851T_{min} - 1,548T_{cp} + 1,562WS + 0,0023AP, \quad (3)$$

$$STSA_2 = 6,156 - 0,0265W_{3мес} - 0,0696Ns_0 + 0,068Ns_{6мес} - 0,987T_{max} - 1,041T_{min} + 2,0292T_{cp} - 0,2921WS + 0,0198AP. \quad (4)$$

Для анализа надежности объектов ЭИС была предложена интегральная логистическая модель для оценки надежности объектов ЭИС на основе результатов отдельных моделей множественной линейной регрессии:

$$P_{ЭИС} = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{i=1}^n a_i \tau_i\right)}, \quad (5)$$

где a_i – значение i -й модели множественной линейной регрессии (SCA_1 , SCA_2 , $STSA_1$ и $STSA_2$), каждая из которых учитывает показатели космогелио-геофизических характеристик;

τ_i – i -й период времени, а котором произошли изменения исследуемых показателей солнечной активности и метеорологических -метеорологических факторов.

Заключение. Изучены и проанализированы данные о показателях солнечной активности и метеорологических факторах, включая число Вольфа количество солнечных пятен за 3 и 6 месяцев накануне аварийного события на объекте энергоинфраструктуры, а также максимальной, минимальной и средней температуры воздуха, скорости ветра, уровня атмосферных осадков в регионе дислокации объекта энергоинфраструктуры.

Кроме того, разработаны математические модели (1) – (4) на основе множественной линейной регрессии, описывающие пространственно-временные масштабы событий (STSA-модели) и степень тяжести последствий (SCA-модели) при авариях в энергетических инфраструктурах, сопровождающихся тяжелыми социотехническими и социально-экономическими последствиями. Также предложена и апробирована интегральная логистическая модель надежности энергетических объектов (5), обобщающая результаты STSA – и SCA – моделей.

Список литературы:

1. Бушуев В. В., Каменев А. С., Кобец Б. Б. Энергетика как инфраструктурная «система систем» // Энергетическая политика. – 2012. – Вып. 5. – С. 3–14.
2. Liu C. C., Jung J., Heydt G. T., et al. The strategic power infrastructure defense (SPID) system. A conceptual design // IEEE Control Systems. – 2000. – Vol. 20. – No. 4. – P. 40–52.
3. Lin Zhenzhi, Wen Fushuan, Xue Yusheng. A restorative self-healing algorithm for transmission systems based on complex network theory // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2016. – Vol. 7. – No. 4. – P. 2154–2162.
4. Вахнина В. В., Кувшинов А. А., Кузнецов В. А. Снижение рисков развития аварий в системах электроснабжения при геомагнитных бурях // Гелиогеофизические исследования. – 2013. – Выпуск 5. – С. 115–123.
5. Yermolaev Y. I., Lodkina I. G., et al. Occurrence rate of extreme magnetic storms // J. Geophys. Res. Space Physics. – 2013. – Vol. 118. – P. 4760–4765.
6. Гершенгорн А. И. Воздействия геомагнитных токов на электрооборудование энергосистем // Электрические станции. – 1993. – № 6. – С. 54–63.
7. Скопинцев В. А., Маркитанов Д. В. Влияние космических факторов на повреждаемость в электрических сетях // Энергетик. – 2012. – № 10. – С. 8–11.
8. Prijola R. Effect of interactions between stations on the calculation of geomagnetically induced currents in an electric power transmission systems // Earth Planet Space. – 2008. – № 60. – P. 743–751.

*Iaremenko Nadiia Oleksandrivna,
docent, of the Department of Theoretical and Applied Mechanics,
Odessa National Maritime University,
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

*Iaremenko Olena Oleksandrivna,
docent, of the Department of Building Mechanics,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

*Tvardovsky Igor Oleksandrovich,
docent, of the Department of Building Mechanics,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN CONSTRUCTION

Abstract: The article deals with the construction of “green” buildings taking into account energy efficiency, this is one of the most important stages of designing buildings and structures. Increasing the energy efficiency of buildings and saving energy resources has become a national security issue for Ukraine.

Keywords: energy efficiency, LEED, BREEAM, DGNB.

*Яременко Надежда Александровна,
Кандидат, технических наук, доцент кафедры,
Теоретической и прикладной механики,
Одесского национального морского университета
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

*Яременко Елена Александровна,
Кандидат технических наук, доцент кафедры,
Строительной механики, Одесской государственной
академии строительства и архитектуры
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

*Твардовский Игорь Александрович
Кандидат технических наук, доцент кафедры,
Строительной механики Одесской государственной
академии строительства и архитектуры
E-mail: olenaiaremenko@gmail.com*

АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация: В статье рассматривается строительство «зеленых» зданий с учетом энергоэффективности, это является одним из важнейших этапов проектирования зданий и сооружений.

Повышение энергоэффективности зданий и экономии энергоресурсов стали для Украины вопросами национальной безопасности.

Ключевые слова: энергоэффективность, LEED, BREEAM, DGNB.

Повышение энергоэффективности является одной из приоритетных задач для экономического развития страны. Стоимость энергоносителей стремительно растет. Украина стала энергодефицитной страной с дорогими энергоносителями, в 2017 году был принят закон об энергоэффективности зданий. Поддержка «зеленых» проектов должна быть среди приоритетов Украины для привлечения инвестиций в экономику, а также поддержку реформ в сфере энергоэффективности и возобновляемой энергетики [1]. В 1987 году на Генеральной Ассамблее ООН прозвучал термин [2] – устойчивое развитие (sustainable development). Концепция устойчивого развития, определенного как «развитие, обеспечивающее удовлетворение потребностей нынешнего поколения и не подрывающее при этом возможности удовлетворения потребностей будущих поколений» – (Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию (WCED)). Это высказывание стало руководящим принципом для долгосрочного глобального развития. Устойчивое развитие [3] предполагает достижение трех основополагающих целей: экономического и социального прогресса и охраны окружающей среды. Международный стандарт развития ISO 15392:2008 «Устойчивое развитие в строительстве. Основные принципы».

Система экологической сертификации «Зеленое» строительство. Всего в мире насчитывается более 10 стандартов добровольной сертификации зданий, в статье рассмотрены три широко применяемые в международном рынке строительства. Основными системами, применимыми в Украине, для оценки «зеленого» строительства являются английская система BREEAM, американская система LEED и немецкая система DGNB. Остальные системы сертификации носят национальный

характер. Системы сертификации «Зеленых» зданий: Китай GBAS, Финляндия PromisE, Япония CASBEE, Австралия GREEN STAR / NABERS, Франция HQE, Бразилия AQUA / LEED Brazil, Канада LEED Canada / Green Globes / Built Green Canada / BREEAM Canada, Корея: KGBC; Малайзия GBI Malaysia, Мексика LEED Mexico, Чехия SBToolCZ и т.д.

Система BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) разработанная британским институтом Bre Global в 1990 году. Количество сертифицированных объектов более 116000. Система присуждает баллы по методике касающейся безопасности жизнедеятельности, влияния на окружающую среду и комфорта. Проект оценивается по BREEAM путем начисления баллов или «кредитов». Воздействие на окружающую среду делят на следующие категории:

- управление: политика управления, ввод в эксплуатацию, управление объектом и поставками;
- здоровье и благополучие: внутренние и внешние аспекты (шум, свет, воздух, качество и т.д.);
- энергия: энергоносители и углекислый газ (CO₂);
- транспорт: выбросы CO₂ и факторы, связанные с местом расположения;
- водопотребление;
- отходы: эффективность строительных ресурсов, управление эксплуатационными отходами и их сокращение;
- загрязнения: загрязнение атмосферы и водных ресурсов, свет и звук;
- землепользование и экология: выбор местности, улучшение экологической ценности, защита экологических объектов;

- материалы: влияние характеристик строительных материалов, в том числе связанных с жизненным циклом, например, генерация CO₂;

- инновации: применение лучшей практики.

Общее количество баллов или «кредитов» по каждой категории умножается на экологический коэффициент, который учитывает относительную важность каждой категории, затем баллы по каждой категории суммируются.

Система LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) разработанная в 1998 году, развиваемая Американским Советом по экологическому строительству. Количество сертифицированных объектов более 11000. Существуют четыре сертификата системы LEED базовый, серебряный, золотой и платиновый. Данная сертификация больше подходит для нового строительства. Основное внимание уделяется энергоэффективности здания. LEED представляет ряд стандартов для проектирования, строительства и обслуживания зданий экологически устойчивым способом. LEED способствует комплексному подходу устойчивого строительства путем признания показателей в ключевых областях:

- экологически устойчивая строительная площадка;

- эффективность использования воды;

- энергетика и атмосфера;

- материалы и ресурсы;

- качество среды в помещении;

- места расположения и системы связи;

- осведомленность и обучение;

- инновации в дизайне;

- региональный приоритет.

Система DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) Германия появилась на рынке в 2009 году. Количество сертифицированных объектов более 200. Система учитывает выбор материалов строительства, этапы строительства, концентрируется на максимальном жизненном цикле существования здания, на качестве и тща-

тельности проработки проекта. Сертификаты системы DGNB бронза, серебро, золото.

Развитие и продвижение материалов, средств и решений для проектирования и строительства в рамках критериев устойчивого развития. Развитие и награждение качественным знаком жизнеустойчивые здания. Создание искусственной среды обитания (ИСО) дружественной естественной (ЕСО), ресурсоэффективной, экономически выгодной и приносящей дополнительные выгоды, такие как здоровье, комфорт и повышенную жизненную активность.

Задачи DGNB:

- усиливать общественное чувство ответственности и продвигать активные меры по защите окружающей среды;

- развивать и оперировать на международном уровне с помощью Немецкой Системы Сертификации (GSBC);

- снабжать профессиональное сообщество эффективными проектными инструментами для создания жизнеустойчивых зданий (речь идет о компьютерных программах);

- создавать платформу для интерактивного обмена знаниями и сетевой работы;

- представлять достижения немецкого строительного сектора и сектора недвижимости в области устойчивого развития.

Сертификация проводится по шести категориям:

- экологическое качество;

- экономическое качество;

- социально-культурные и функциональные качества;

- техническое качество;

- качество процесса;

- качество расположения.

Внедрение принципов зеленого строительства должно происходить еще на этапе проектирования здания, важная роль в развитии устойчивой архитектуры и строительства отведена архитекторам и проектировщикам.

В Украине два объекта недвижимости сертифицированы по международным стандартам «зеленого» строительства LEED. В конце 2014 года сертификат получило новое здание посольства США по ул. Сикорского, 4 в Киеве (LEED Silver), а в конце 2013-го – офис компании Shell (LEED Gold) [4].

Весной 2018 начнется строительство гостиницы Radisson Blu категории 4 звезды в Одессе (Украина), которая проходит процедуру международной сертификации LEED и получила финансирование в объеме более EUR40 млн. от международных фондов сертификации отеля по

стандартам LEED Gold. Здание будет построена на месте Дворца Моряков на Приморском бульваре [5]. В Украине сеть Radisson Blu представлена тремя гостиницами, две из которых в Киеве и одна – в Буковеле.

Рассмотрены системы сертификации LEED, DGNB, BREEAM. Эти организации присуждают сертификаты зданиям, которые безопасны для окружающей среды. Небольшое удорожание при строительстве здания окупается при эксплуатации меньшим расходом энергоресурсов. Достигается снижение потребления энергии в первую очередь за счет уменьшения теплопотерь здания.

Список литературы:

1. Государственное агентство энергоэффективности и энергосбережения: URL: <http://saee.gov.ua/>;
2. URL: <http://csrjournal.com/ustojchivoe-razvitie-koncepciya-principy-celi>.
3. Бобылев С. Н., Гирусов Э. В., Перелет Р. А. Экономика устойчивого развития. Учебное пособие. Изд-во Ступени, – Москва, – 2004. – 303 с. ISBN5–94713–046–7.
4. URL: <http://interfax.com.ua/news/economic/466438.html>.
5. URL: <http://interfax.com.ua/news/economic/466370.html>.

Section 5. Transport

*Morchadze Tamazi Shotaevich,
Associate Professor, Engineering Technical Faculty
Akaki Tsereteli State University,
E-mail: tamazmor@mail.ru*

*Rusadze Nunu Enukievna,
Assistant Professor, Engineering Technical Faculty
Akaki Tsereteli State University,
E-mail: nunukarus@mail.ru*

*Rusadze Paata Tamazovic,
Academic doctor,
E-mail: p.rusadze@gmail.com*

APPLICABILITY OF INERTIOID IN NON-TRADITIONAL VEHICLE

Abstract: The paper also describes the process of movement of vehicle upgrade, and presents the design of wheel mounting with reduction in the lever of wheel rolling.

Keywords: wheel, inertioid, vibrator, muff, jogging, friction force, braking torque, coefficient of adhesion.

*Морчадзе Тамази Шотаевич,
Ассоциированный профессор, Инженерно-технический факультет
Государственный университет Акакия Церетели,
E-mail: tamazmor@mail.ru*

*Русадзе Нуну Энукиевна,
Государственный университет Акакия Церетели,
Ассистент профессор, Инженерно-технический факультет
E-mail: nunukarus@mail.ru*

*Русадзе Раата Тамазович,
Академический доктор,
E-mail: p.rusadze@gmail.com*

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНЕРЦИОИДА В НЕТРАДИЦИОННОМ ТРАНСПОРТНОМ СРЕДСТВЕ

Аннотация: Рассмотрен процесс движения машины по подъему. Приведена конструкция крепления колеса с уменьшением плеча качения колеса.

Ключевые слова: Колесо, инерциоид, вибратор, муфта, толчок, сила трения, тормозной момент, коэффициент сцепления.

Применение вибрационной техники даёт возможность улучшить эффективность традиционных машин и вместе с тем разработать новые технологические процессы. Вибрационные системы просты и эффективны. Они отличаются от традиционных машин низкой энергоёмкостью, и поэтому транспортно-технологические машины уже применяются в промышленности [1].

В мобильных машинах с виброимпульсным приводом качение колеса происходит в ведомом режиме. При производстве машин такого типа сталкиваемся с основной проблемой, которая выражена в том, что при образовании положительного импульса, появляется отрицательный импульс, сопротивляющийся передвижению машины. Несмотря на трудности, существует возможность решения этой проблемы, а именно:

1. применим такие вибрационные приводы, которые по-сравнению с отрицательным импуль-

сом образуют положительный импульс большей величины [2];

2. применим такую конструкцию крепления колеса, которая обеспечивает заглушение импульса в очень короткий период времени;

3. применим в виброимпульсных приводах упругие связи, которые образованием упругих сил, противостоят действию отрицательных сил (импульсов) возмущения;

4. регулирование направления сил возмущения.

Надо отметить, что если сможем соединить все вибрационные методы в один комплекс, возможно, обеспечить передвижение машины с нужной скоростью.

Для решения этой проблемы, авторы разработали схему мобильной колесной машины с виброимпульсным приводом, которая представлена на (рис. 1).

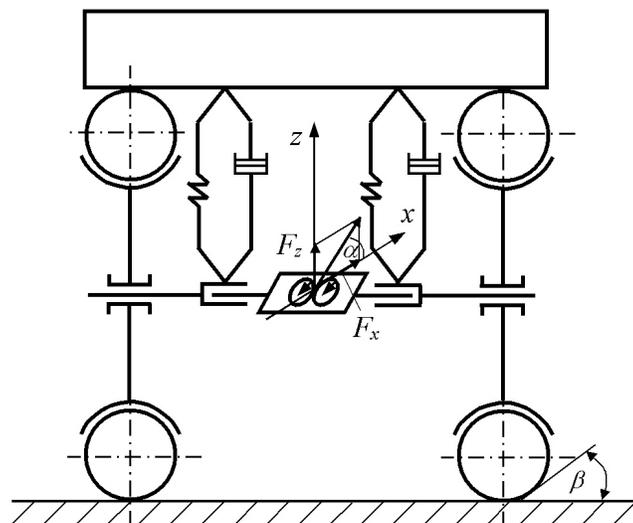


Рисунок 1. Колесная мобильная машина с виброимпульсным приводом

Как видно из схемы, вибратор мобильной машины может вращаться вокруг оси колеса, что даёт возможность регулировать направление силы толчка. На вибратор с углом наклона α на оси X и Z, дополнительно действуют вертикаль-

ные $F_z = F \sin \alpha$ и продольные $F_x = F \cos \alpha$ составляющие суммарной силы возмущения F .

Рассмотрим процесс движения машины по подъёму (рис. 2) [3].

В машине с виброимпульсным приводом для преодоления сопротивления подъема, вибратор надо повернуть против движения стрелки часов на угол α величина которого будет равна углу уклона $\alpha = \beta$.

Известно, что во время движения по подъему возникает составляющая силы тяжести $G_x = G_x \sin \alpha$, которая направлена параллельно по-

верхности уклона, против направления движения, а вертикальная составляющая $G_z = G_z \sin \alpha$ – параллельно опорной поверхности. При движении по уклону уравнение сил проекции имеет вид:

$$\sum X_p = F - (G_x + P_{f1} + P_{f2} + P_j + P_w) = 0$$

$$\sum Z_p = Z_1 + Z_2 - G_w = 0. \quad (1)$$

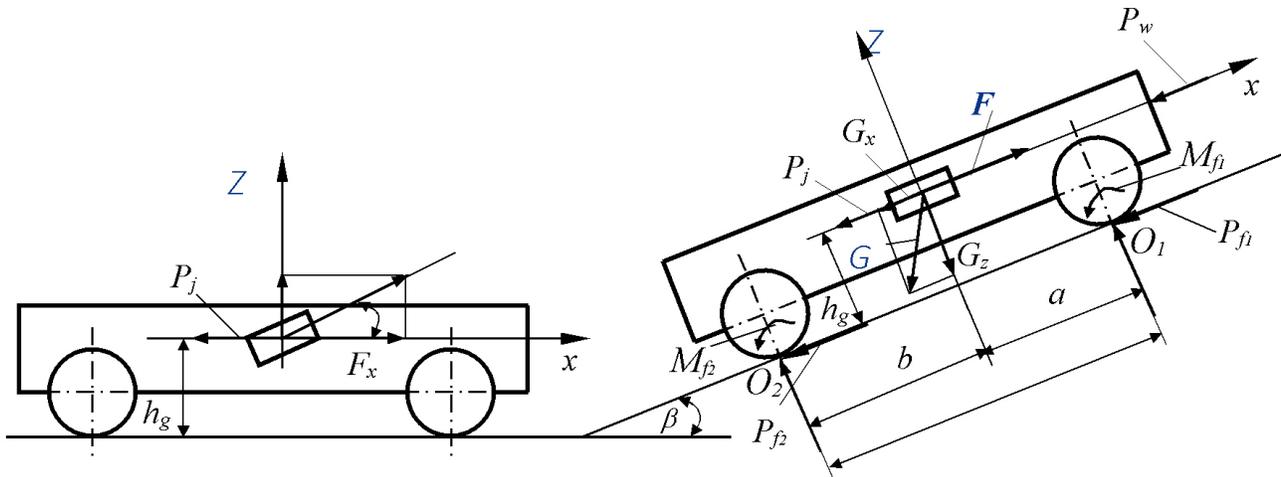


Рисунок 2. Процесс движения на подъеме колесной мобильной машины

Уравнение первой системы можно переписать следующим образом:

$$F = fG \cos \beta + P_w + P_g + G \sin \beta, \quad (2)$$

где $- P_{f1} + P_{f2} = Z_1 f + Z_2 f = fG \cos \beta$ – сила полного сопротивления машины.

P_f – сила сопротивления качения;

f – коэффициент сопротивления качения.

Составим равенство моментов по отношению к оси, проходящей через точку соприкосновения передних колёс с дорогой

$$\begin{aligned} \sum M_{O1} = Z_2 L - M_{f1} - M_{f2} - P_j h_g - \\ - a G \cos \beta - h_g G \sin \beta + F h_g = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где $- M_{f1} + M_{f2} = \sum f Z r_k = f r_k G \cos \beta$ – момент сопротивления полного качения машины.

Если учтём, что $h_g = h_w$ то получим:

$$\begin{aligned} Z_2 L + F h_g = \{ f G r_k \cos \beta + (P_j + P_w) h_g + \\ + a G \cos \beta + h_g \sin \beta \} \end{aligned} \quad (4)$$

Если обозначим в скобки взятую алгебраическую сумму через N_2 , то получим:

$$Z_2 = \frac{1}{L} [N_2 - F r_k] \quad (5)$$

В этом случае вибратор находится в центре тяжести. Но имеем два возможных варианта его расположения, а именно:

1. он находится в центре переднего моста;
2. он находится в центре заднего моста.

С точки зрения компактности привода, расположение вибратора в центре переднего моста более удобно. В этом случае плечо возмущённой силы будет

$$Z_2 L + F r_k = f r_k G \cos \beta + (P_j + P_w) h_g + G a \cos \beta + G h_g \sin \beta, \quad (6)$$

или

$$Z_2 = \frac{1}{L} [\{ f r_k G \cos \beta - (P_j + P_w) h_g + G (a \cos \beta + h_g \sin \beta) \} - F r_k] \quad (7)$$

Если обозначим в фигурную скобку, взятую алгебраическую сумму через N_2 , то получим:

$$Z_2 = \frac{1}{L} [N_2 - Fr_k] \quad (8)$$

Т.к. расстояние между центром тяжести и опорной поверхностью превосходит радиус качения колеса, $h_g \phi r_k$ поэтому нагрузка на заднюю ось больше, чем в том случае, когда вибратор расположен в центре тяжести машины. [4, 6].

Для определения вертикальной реакции передних колёс, составляем уравнение момента по отношению к продольной оси, проходящей через центр контакта задних колёс с опорной поверхностью:

$$Z_1 L + M_{f1} + M_{f2} + P_j h_g + P_w h_w + P_w h_w + Gh_g \sin \beta - Gbcos \beta - Fr_k = 0. \quad (9)$$

Если учтём, что $h_w = h_g$ то получим:

$$Z_2 = \frac{1}{L} \left[\left\{ G(bcos \beta - h \sin \beta) - r_k f Gcos \beta - (P_j - P_w) h_g \right\} - Fr_k \right]; \quad (10)$$

или

$$Z_2 = \frac{1}{L} [N_1 - Fr_k]$$

При движении машин по подъёму с установленной скоростью $P_j = 0$, и вместе с тем из-за низкой скорости движения, можно игнорировать сопротивление воздуха и тогда получим:

$$Z_1 = \frac{1}{L} \left[G(acos \beta - h_g \sin \beta) - r_k f cos \beta + Fr_k \right], \quad (11)$$

$$Z_2 = \frac{1}{L} \left[G(acos \beta + h_g \sin \beta) + r_k f cos \beta - Fr_k \right].$$

Из формул вычисления сил реакций передних и задних колёс, очевидно, что в случае виброимпульсного привода нагрузка на задние колёса более высокая, чем на передние, когда сила возмущения, вызванная вибратором, соприкасается в центре передней оси.

При поступательном движении, когда колёса мобильной машины с виброимпульсным приводом работает в ведомом режиме, а при обратном движении – в тормозном режиме. По сравнению с традиционными машинами, можно достигнуть

значительного уменьшения сопротивления качения этих машин и соответственно увеличение проходимости при движении по деформированной опорной поверхности. Улучшение отмеченных эксплуатационных свойств достигается двумя условиями:

1. В период одного цикла действием вертикальной составляющей силы толчка происходит уменьшение вертикальной силы в контакте колеса с поверхностью дороги и $F \sin \alpha \neq G_k$, или полное игнорирование, когда $F \sin \alpha \phi G_k$. Для первого случая сила сопротивления качения колеса при поступательном движении равна:

$$P_f = f(G_k - F \sin \alpha), \quad (12)$$

а для передвижения в обратном направлении

$$P_f = f(G_k + F \sin \alpha). \quad (13)$$

Т.е. при действии положительного импульса, сила сопротивления качения уменьшается уменьшением вертикальной реакции колёс. А при действии отрицательного импульса увеличением вертикальной реакции (по сравнению с традиционными машинами) увеличивается сопротивление качения. Соответственно уменьшается возможность заднего движения машины.

2. Если в конструкции крепления ведомого колеса вместо муфты свободного движения применим подшипник скольжения с заранее существующим зазором, то при поступательном движении машины можно достигнуть большего уменьшения сопротивления качения. Допустим, что при использовании подшипника скольжения значения a (рис. 3) плеча ведомого колеса качения традиционной мобильной машины, при её трогании должно произойти смещение некрутящейся оси 2 колеса 1 до начальной оси ZZ, которой соответствует значение b (рис. 3). [5] Тогда момент сопротивления колеса в момент трогания машины будет:

$$M_f = (a - b)Z, \quad (14)$$

где $Z = (G_k + F \sin \alpha)$ – сила вертикальной реакции, действующая на колесо от дороги.

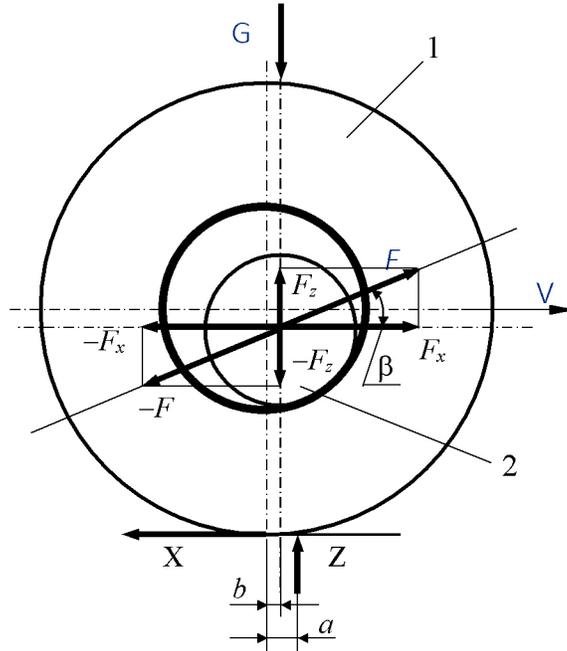


Рисунок 3. Конструкция крепления колеса

С другой стороны момент сопротивления качения можно представить известной зависимостью:

$$M_f = (P_f r_k) \quad (15)$$

$$\text{Тогда } P_f r_k = (a - b)(G_k - F \sin \alpha);$$

$$P_f = (a - b)(G_k - F \sin \alpha) / r_k, \quad (16)$$

где $f_k(a - b) / r_k$ – коэффициент сопротивления колеса.

Представленная конструкция с уменьшением плеча качения колеса, даёт возможность уменьшить сопротивления качения машины и увеличить её проходимость.

Список литературы:

1. Гончаревич И. Ф. Вибрация-нестандартный путь: вибрация в природе и технике. – М.: Наука, – 1986. – 209 с.
2. Бабицкий В. И. Теория виброударных систем (приближенные методы). Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука№», – М.: – 1978. – 352 с.
3. Русадзе Т. П., Платонов В. Ф., Семенов В. Ф., Гогитидзе А. С., Русадзе П. Т. Оптимизация параметров автомобиля. Издательство «Алиони», – Батуми. – 2002. – 320 с.
4. Ричард Бейкер. Введение в теорию виброиспытаний. Ling Dynamic Systems. – 1994. – 44 с.
5. Лежава А., Русадзе Р., Русадзе Т., Гегучадзе А. Национальный центр интеллектуальной собственности Грузии Патент. В62D63/02. (45) – 1999.12.05. – № 13. – 3 с.
6. Neil J. Mansfield. Human Response to Vibration. Crc Prees Boca Raton London New York Washington, D.C. – 2005. – 266 p.

*Rusadze Nunu Enukievna,
Assistant Professor, Engineering Technical Faculty
Akaki Tsereteli State University,
E-mail: nunukarus@mail.ru*

*Morchadze Tamazi Shotaevich,
Associate Professor, Engineering Technical Faculty
Akaki Tsereteli State University,
E-mail: tamazmor@mail.ru*

*Rusadze Paata Tamazovic,
Academic doctor,
E-mail: p.rusadze@gmail.com*

THEORY OF ROLLING MOVEMENT OF MOBILE WHEELED VEHICLE EQUIPPED WITH INERTIOID

Abstract: The paper dwells on methodology of rolling movement of mobile wheeled vehicle in driven and braking conditions. The total frictional force the wheel supports is determined experimentally.

Keywords: wheel, inertioid, vibrator, friction force, coefficient of adhesion, jogging.

*Русадзе Нуну Энукиевна,
Ассистент профессор, Инженерно-технический факультет
Государственный университет Акакия Церетели,
E-mail: nunukarus@mail.ru*

*Морчадзе Тамази Шотаевич,
Ассоциированный профессор, Инженерно-технический факультет
Государственный университет Акакия Церетели,
E-mail: tamazmor@mail.ru*

*Русадзе Раата Тамазович,
Академический доктор,
E-mail: p.rusadze@gmail.com*

ТЕОРИЯ КАЧЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ, ОСНАЩЁННОЙ ИНЕРЦИОИДОМ

Аннотация: В статье приведена методика качения мобильной колесной машины в ведомом и тормозном режиме. Экспериментально определяется суммарная сила трения в опорах колес.

Ключевые слова: Колесо, инерциоид, вибратор, сила трения, коэффициент сцепления, толчок.

Для определения характеристик тяги мобильной колесной машины с виброударным приводом, сначала вычисляем действующую на машину силу толчка, которая обеспечивает её трогание. Т.к. вызванная виброударным приводом сила возмущения периодична, надо полностью исключить или довести до минимума величину импульса, действующую противоположно поступательному движению. Для решения этой проблемы в конструкции крепления колеса применяем муфту свободного движения, т.н. механический полупроводник, т.е. при передвижении в нужном направлении колесо движется в ведомом режиме, а в противоположном направлении – в тормозном режиме [1, 2].

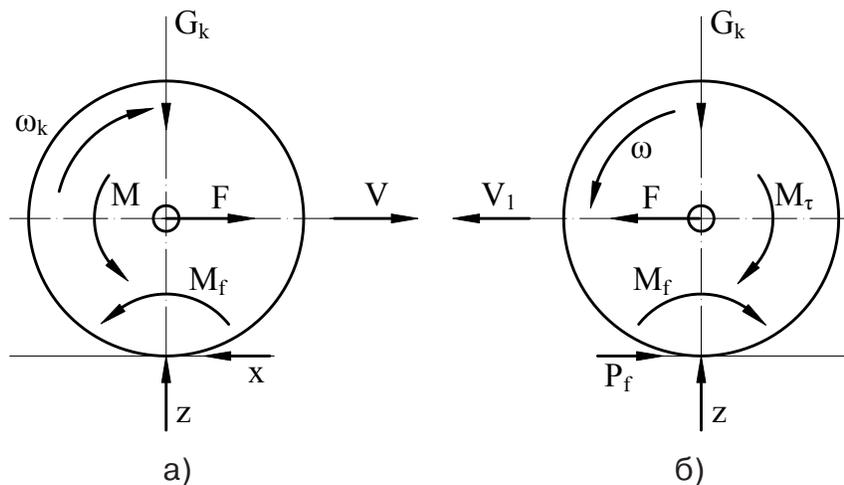


Рисунок 1. а) колесо движется в ведомом режиме;
б) колесо движется в тормозном режиме

С другой стороны, момент сопротивления качения (трение качения) равен:

$$M_f = f Z r_0 = f G_k r_0. \quad (2)$$

где r_0 – радиус качения колеса; f – коэффициент сопротивления и её значение во время качения колеса по асфальтобетонной поверхности равно: $f = 0,015 \dots 0,016$.

Суммарный момент сопротивления перекачивания равен:

$$M_{c,f} = M_f + M_{m,mp}, \quad (3)$$

а для машины:

$$M_c = mgf + M_{m,mp}, \quad (4)$$

Момент сопротивления качения машины:

Рассмотрим оба режима (рис. 1).

При качении колеса в ведомом режиме, на неё вместе с силой толчка F (в нашем случае положительным импульсом вызванная сила) действуют следующие силы и моменты: вертикальная нагрузка G_k , вертикальная реакция с опорной поверхности Z , момент сопротивления качения M_f , образующийся в конструкции крепления колеса момент трения $M_{mp,k}$, сила реакции касательной X , которая направлена против скорости движения.

Для действующих на колесо сил, у нас есть следующая зависимость:

$$G_k = Z; F - X, \quad (1)$$

$$M_f = f G_m \quad (5)$$

G – полный вес машины, в нашем случае $G_m = 2350 \text{ Н}$.

Для момента сопротивления качения имеем следующее значение: [3, 5]

$$MF = 0,015 \cdot 2350 \cdot 0,09 = 3,15 \text{ Н.М}$$

Определение ориентационного значения величины суммарного момента трения (или силы трения) в опорах колёс можно как вычислением, так и экспериментально. Надо отметить, что колёса экспериментальной машины насажены на неподвижную ось с помощью скользящих подшипников. Момент трения определяется зависимостью:

$$M_{TP.K} = f_{TP} \cdot N \cdot r, \quad (6)$$

где f_{TP} – коэффициент трения; r – плечо трения; N – распределённая на поверхности трения равнодействующая силы.

В нашем случае $N = G_k$.

Если учесть, что в опоре каждого колеса момент трения одинаков, то момент суммарного трения равен:

$$M_{m.mp} = f_{mp} G_{m,r} = 0,2 \cdot 2350 \cdot 0,01 = 4,7 H_M$$

для силы трения

$$P_{mp} = f G_m = 0,12350 H$$

Сила суммарного сопротивления перекаtywания машины:

$$P_0 = P_f + P_{TP} = 3525 + 235 = 27025 H.$$

Для трогания машины на горизонтальном участке дороги, достаточно чтобы сила толчка преодолела сопротивление качения машины.

Для экспериментального метода определения суммарной силы трения в опорах колёс (рис. 2) машину 1 подтягиваем с помощью лебёдки 2 и каната 3. Один конец каната присоединён к машине, другой – присоединен к динамометру, второй конец которого канатом соединён с барабаном лебёдки. Поворот барабана лебёдки происходит с помощью червячного редуктора 5, на ведущем валу которого смонтирована рукоятка 6. При вращении рукоятки в нужном направлении и с помощью описанного оборудования фиксируем показатели динамометра в момент начала перекаtywания тележки. В нашем случае показатели соответствуют силе P_{comp} суммарного сопротивления перекаtywания тележки. [4] Величина силы суммарного трения в опорах колёс равна:

$$P_K = P_{comp} - P_f$$

В этой зависимости учитываем величину, вычислением силы сопротивления качения P_f .

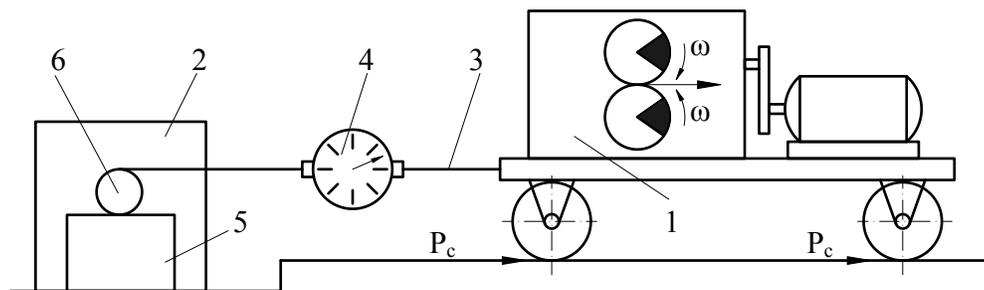


Рисунок 2. Экспериментальный метод определения суммарной силы трения

Во время действия силы отрицательного возмущения, упругое колесо должно прийти в контакт с опорной поверхностью для того, чтобы машина не переместилась в сторону противоположную движению. В этом случае на колесо действует тормозной момент, который полностью или частично тормозит колесо, т.е., во время действия одного цикла силы возмущения, колесо перекаtywается вперёд и тормозит назад. В этом случае

$$F = X, \quad M_z = P_{rk} = X_{rk}. \quad (7)$$

Если колесо блокируется, тогда шина деформируется под воздействием тангенциальной силы, т.е. передвигению колеса в противоположном направлении частично сопротивляются упругие

тангенциальные и неупругие силы шины, а также сила трения, которая образуется в контакте с опорной поверхностью. Сумма всех сил не должна превышать силу сцепления шины с дорогой:

$$P\varphi = \varphi G_K.$$

Для того чтобы машина не переместилась назад, должны быть защищены следующие условия

$$P < P_\varphi.$$

Надо отметить, что вместе с ростом скорости уменьшается коэффициент сцепления. На (рис. 3) показана зависимость коэффициента сцепления движущейся по сухой асфальтобетонной дороге от скорости автомобиля.

Уменьшение коэффициента сцепления вызвано увеличением интенсивности скольжения, т.к. нагрузочные, температурные и другие характеристики режима качения колеса влияют на сцепление шины с поверхностью дороги.

Интенсивность скольжения колеса, которая влияет на её сцепление с дорогой, может быть оценена зависимостью:

$$\sigma = \frac{\omega_k r_0 - \omega_k r_k}{\omega_k r_g} \left(1 - \frac{r_k}{r_0} \right),$$

где, σ – коэффициент скольжения; r_k – радиус качения колеса; ω_k – угловая скорость; r_g – динамический радиус колеса.

Если $r_k = r_g$, то коэффициент скольжения равен нулю или когда $r_k = 0$ тогда колесо полностью скользит. Если скольжение происходит по направлению движения ($r_k > r_g$), то коэффициент скольжения принимает отрицательное значение. При полном торможении, когда колесо движется без вращения «Юз» ($r_k = \infty$), коэффициент скольжения $\sigma = -\infty$. Коэффициент скольжения интенсивно увеличивается если поверхность дороги покрыта пылью или грязью.

Вместе с увеличением нагрузки на колесо, уменьшается коэффициент сцепления. Только в случае с глинистым грунтом и на мокром песке её значение может увеличиваться истечением воды из поверхности дороги.

На сухой асфальтной дороге повышение температуры в шинах значительно влияет на коэффициент сцепления. Например, при торможении он увеличивается, т.к. в этом случае шины становятся мягче и лучше сцепляются с шероховатостями поверхности. Учитывая все

вышеуказанные условия, значение коэффициента сцепления для асфальтобетонной дороги, средне находятся в пределах $\varphi = 0,4 \dots 0,8$, если $\varphi = 0,6$ то $P\varphi = 0,62350 = 1410H$.

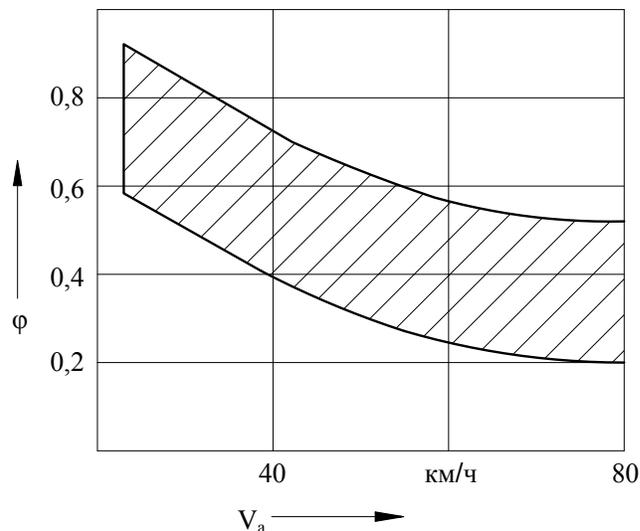


Рисунок 3. зависимость коэффициента сцепления движущейся по сухой асфальтобетонной дороге от скорости автомобиля

Основным условием движения мобильной колесной машины с виброимпульсным приводом является следующее: вызванная виброимпульсным приводом величина толковой силы находится в пределах: $P_{mp.conp} \leq F \leq P_\varphi$

Для экспериментальной модели:
 $27025 \leq F \leq 1410H$.

Несмотря на то, что качение колеса машины с виброимпульсным приводом происходит в ведомом режиме, обязательным условием движения машины с определённой скоростью является то, что максимальная величина движущегося импульса не превышала величину силы сцепления колеса с дорогой.

Список литературы:

1. Гончаревич И. Ф. Вибрация-нестандартный путь: вибрация в природе и технике. – М.: Наука, – 1986. – 209 с.
2. Бишон Р. Колебания. – М.: «Наука» главная редакция физико-математической литературы – 1986. – 192 с.

3. Ричард Бейкер. Введение в теорию виброиспытаний. Ling Dynamic Systems.– 1994.–44 с.
4. Лежава А., Русадзе Р., Русадзе Т., Гегучадзе А. Национальный центр интеллектуальной собственности Грузии Патент. В62D63/02. (45) – 1999. 12.05.– № 13.– 3 с.
5. Neil J. Mansfield. Human Response to Vibration. Crc Prees Boca Raton London New York Washington, D.C.– 2005.– 266 p.

Section 6. Physics

*Barykinsky Gennady Mikhailovich,
Institute of conceptual studies,
Moscow, Russia
E-mail: k@genn.ru*

PHYSICAL LIMITS OF ELEMENTARY MATTER IN THE UNIVERSE

Abstract: subject of this paper is the study of the physical limits of the fundamental parameters of elementary matter in the Universe, as well as the basic extreme physical properties of the electron, including the origin and the relationship of the basic mechanisms of interaction of elementary particles.

Keywords: universe, electron, generation of fields and interaction, limits, extremal properties, relations.

*Барыкинский Геннадий Михайлович,
Институт концептуальных исследований
Москва, Россия
E-mail: k@genn.ru*

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕДЕЛЫ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕРИИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Аннотация: тема настоящей работы посвящена изучению физических пределов фундаментальных параметров элементарной материи во Вселенной, а также основных экстремальных физических свойств электрона, включая происхождение и соотношение основных механизмов взаимодействия элементарных частиц.

Ключевые слова: вселенная, электрон, генерация полей, взаимодействия, пределы, экстремальные свойства, соотношения.

*Вещей суть познавая,
Мы обретаем знание.
А смысл вещей осознавая,
Мы создаем сознание [1].*

Настоящая статья является третьей частью цикла работ под общим названием: The relativity of the fundamental properties of the electron [2]. Эта работа посвящена обсуждению и поиску ответов на следующие вопросы:

1. Существуют ли пределы допустимых значений, которые могут принимать физические параметры, характеризующие пространственные и некоторые другие важные свойства единичной элементарной материи во Вселенной?

2. Каковы экстремальные значения этих пределов и их соотношения?

С целью сокращения аналитических выкладок, используем основные условия построения уравнений, содержащиеся в [2]. Для этого запишем уравнения, характеризующие основные свойства элементарных частиц:

$$m r_k = \hbar, \quad (1)$$

$$\omega r_k = c, \quad (2)$$

где: r_k – радиус Комптона частицы, определяемый соотношением $\lambda_k = 2\pi r_k$, где λ_k – длина волны Комптона; m и ω – масса покоя и частота колебаний внутренней энергии частицы; \hbar и c – константы, определяющие электрический заряд частицы и скорость света в вакууме.

Из (1) и (2) нетрудно получить:

$$m c = \hbar \omega, \quad (3)$$

$$r_{min}/r_{max} = m_{min}/m_{max} = \omega_{min}/\omega_{max}. \quad (4)$$

Движение разнообразных элементарных форм материи во Вселенной определяется центральными силами, которые вызывают движение материи по исключительно замкнутым траекториям, т.е. колебательным или круговым. Но поскольку эле-

ментарные частицы не содержат в своей структуре силовых центров притяжения, то остается предположить, что субстанция определяющая суть частицы совершает замкнутые колебательные движения. Обобщенное выражение, адекватно описывающее действие центральных сил электромагнитного происхождения, запишем в следующем виде:

$$F = \hbar \omega^2. \quad (5)$$

Из (5) для экстремальных случаев следует:

$$F_{min}/F_{max} = \omega_{min}^2/\omega_{max}^2, \quad (6)$$

$$F_{min} = \hbar, \text{ при } \omega_{min} = 1, \quad (7)$$

$$F_{max} = \hbar \omega_{max}^2. \quad (8)$$

В [2] показано, что энергия единичного колебания внутренней субстанции элементарной частицы создаёт на её умозрительной поверхности радиуса r_k максимальное упругое давление, действующее на окружающую среду с силой упругости $F_{упр} = \hbar r_k$. Процессы, происходящие на острие градиента распространения внутренней субстанции, представляющей из себя внутреннюю энергию, например, электрона $m_e c^2$, представлены на (рис. 1):

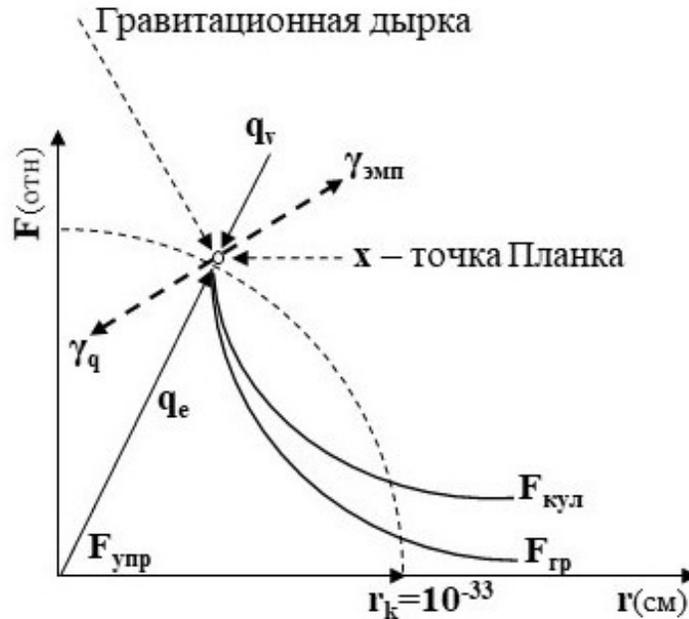


Рисунок 1.

Обсуждение (рис. 1) и некоторые выводы:

Умозрительно, пунктирной линией показана плоская проекция четверти объема элементарной частицы радиуса r_k , в пределах которого действует внутренняя субстанция, обладающая внутренней энергией, например, электрона $m_e c^2$. На поверхности этой частицы показана точка Планка – \mathbf{x} , в которой сходятся равные между собой силы: упругая – $F_{упр}$, электромагнитная – $F_{кул}$ и гравитационная – $F_{зп}$.

Энергия упругого давления внутренней субстанции электрона (определяемая зарядом q_e) на внешнюю среду достигает своего порога в точке \mathbf{x} , в которой ответная реакция внешней среды (определяемая зарядом q_v) достигает уровня энергии адекватной заряду q_e , т.е. $q_e = q_v$. При этих условиях запускается реакция «аннигиляции» зарядов q_e и q_v , согласно следующего выражения:

$$q_e + q_v \rightarrow \gamma_q + \gamma_{эмн}, \quad (9)$$

где: $\gamma_{эмн}$ – квант внешнего электрического поля, а квант – γ_q определяет восстановление внутренней энергии частицы. Этот процесс в системе координат центра масс напоминает взаимодействие элементарных частиц в ускорителе на встречных пучках. После того, как кванты γ_q и $\gamma_{эмн}$ покидают точку \mathbf{x} , в последней остается энергетическая дырка, которая снижает плотность окружающей среды и тем самым создается градиент её плотности, направленный в сторону возникающего центра гравитационного притяжения.

Таким образом, каждая элементарная частица выступает в роли катализатора, по средствам которого происходит преобразование ненаблюдаемой энергии вакуума в силовое электрическое поле, которое определяет электромагнитное взаимодействие между частицами, и которое в свою очередь также не наблюдается.

В точке Планка происходит квантовый процесс рождения частиц силовых полей электромагнитного и гравитационного, которые в свою очередь являются носителями взаимодействий, определяемых законами Кулона $F_{кул} = q^2/r^2$ и Ньютона $F_{зп} = m^2/r^2$ для одинаковых по массе

и заряду частиц. При этом, нетрудно показать, что в согласии с законом сохранения энергии, в точке Планка все эти силы по величине равны друг другу. Однако, с учетом того факта, что за пределами точки Планка равенство сил нарушается и существенно, то это означает, что эти силы вполне удовлетворяют следующему соотношению: $F_{зп} \geq F_{кул} \geq F_{упр}$.

Более того, с учетом (8), можно записать:

$$F_{max} = \hbar \omega_{max}^2 = F_{упр}. \quad (10)$$

Все три силы в точке Планка равны, поэтому для этой точки мы вправе записать соотношение сил в среднем геометрическом представлении [3]:

$$F_{кул}^2 = F_{упр} F_{зп}. \quad (11)$$

Поскольку на поверхности частицы $F_{кул} = q^2/r_k^2$ и $q^2 = m^2 c^2 r_k^2$, то из (10, 11) получим общий вид выражения для гравитационной силы $F_{зп}$:

$$F_{зп} = (c^4/F_{max}) m^2/r_k^2 = \gamma m^2/r_k^2. \quad (12)$$

Из (12) следует определение гравитационной постоянной:

$$\gamma = c^4/F_{max} = c^4/(m_{max}^2 c^2/r_{min}). \quad (13)$$

Сравнивая F_{max} в (8) и (13) получим:

$$\omega_{max}^2 = c^4/(\gamma \hbar). \quad (14)$$

Из (6, 7, 14) следует:

$$t_{min} = (F_{min}/F_{max})^{1/2} = 1/\omega_{max} = 5.4 \cdot 10^{-44} \text{сек.} \quad (15)$$

Время $t_{min} = 5.4 \cdot 10^{-44}$ сек. определяет период одного колебания внутренней энергии частицы в состоянии Планка и является пределом, ниже которого во Вселенной ничего происходить не может.

Из (14, 15) следует, что время в течение которого происходит одно колебание внутренней субстанции элементарной частицы не зависит ни от внутренних ни от внешних параметров этой частицы, а определяется тремя фундаментальными мировыми константами, такими как: гравитационная постоянная – γ ; скорость света – c ; и постоянная – \hbar , определяемая уравнением (1), т.е. это время является также константой, определяющей исключительно динамику внутренней энергии элементарной частицы, и оно точно соответствует времени Планка. Следует добавить, что наличие в (14) гравитационной

постоянной – γ , свидетельствует об исключительно специфичной связи t_{min} или ω_{max} с параметрами действующей Вселенной.

Все три силы в точке своего образования не только равны друг другу, но и соответствуют своему *max*, т.е. предельному значению, поскольку выражения этих сил удовлетворяют уравнениям (10, 11, 12). Не трудно показать, что в экстремальной точке: $F_{упр} = F_{кул} = F_{зп} = m_{max} c^2 / r_{min}$, где m_{max} и r_{min} соответствуют значениям Планка.

Примечательно, что сила $F_{зп}$ для элементарной частицы в точке Планка в энергетическом представлении (т.е. mc^2) имеет вид:

$$F_{зп} = F^2 / F_{max}$$

где $F = mc^2 / r_k$. Причем, если $m = m_{max}$ и $r_k = r_{min}$, то $F_{зп} = F_{max}$, а отсюда следует вывод о том, что

в точке x силы $F_{кул}$ и $F_{зп}$ имеют свои максимальные значения.

Из (10) видно, что в экстремальной точке x (см. рис. 1) $F_{max} = F_{упр}$, учитывая (2) и что $F_{max} = m_{max} c^2 / r_{min}$ получим выражение для $F_{упр}$:

$$F_{упр} = kr_{min}$$

где: k – коэффициент пропорциональности упругой силы, определяющий частоту колебаний внутренней энергии частицы: $\omega_{max} = (k/m_{max})^{1/2}$.

Учитывая выше изложенный материал, не трудно в единицах СГСЕ вычислить основные экстремальные значения фундаментальных параметров единичной элементарной материи во Вселенной, а также соответствующие соотношения между ними:

Таблица 1.

	min	max	$\frac{\max}{\min}$	$\text{tgm}^2 = \min \cdot \max$	value el
1	2	3	4	5	6
r_k	$1.61 \cdot 10^{-33}$	$3.00 \cdot 10^{10}$	$1.86 \cdot 10^{43}$	$6.95 \cdot 10^{-12}$	$38.6 \cdot 10^{-12}$
m	$1.17 \cdot 10^{-48}$	$2.17 \cdot 10^{-5}$		$5.04 \cdot 10^{-27}$	$0.91 \cdot 10^{-27}$
ω	1.00	$1.86 \cdot 10^{43}$		$4.31 \cdot 10^{21}$	$0.78 \cdot 10^{21}$
F	$3.51 \cdot 10^{-38}$	$1.21 \cdot 10^{49}$	$(1.86 \cdot 10^{43})^2$	$6.52 \cdot 10^5$	$0.21 \cdot 10^5$

где: *tgm* – среднее геометрическое; *value el* – значение электрона;

Обсуждение значений, указанных в таблице и некоторые выводы:

Столбцы (ст) 1, 2 и 3 определяют предельные значения диапазонов допустимых значений физических параметров единичной элементарной материи во Вселенной, а единая мировая константа $1.86 \cdot 10^{43}$, указанная в ст. 4, определяет ширину этих диапазонов, а также указывает на исключительную специфическую связь с самим фактом существования действующей Вселенной. Ст. 5 определяет средние геометрические значения для каждого диапазона. Ст. 6 содержит, установленные наукой, соответствующие физические параметры для электрона. Слабое отклонение физических значений электрона ст. 6 от соответству-

ющих средних по всей Вселенной ст. 5 приводит к выводу о том, что значения физических параметров электрона фактически занимают среднее геометрическое положение во Вселенной, а сам он является (относительно массы) минимальным фермионом. Однако его минимальность в линейке фермионов во Вселенной объясняется пределом максимальной энергии необходимой и достаточной для возникновения реакции (9), при этом следует учесть, что свободный электрон не может излучать или поглощать фотоны, а значит для реализации (9) необходима добавка энергии, связанная с переводом его из свободного состояния в состояние, определяющееся ускоренным движением.

Список литературы:

1. Barykin G. M. / The universe of consciousness and the picture of the world // Mat. The VII Russian philosophical Congress, – 2015. – V. 2. – 117 p.
2. Barykin G. M. / The relativity of the fundamental properties of the electron // The European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna. – 2017. – No. 2. – 62 p.
3. Barykin G. M. / The law of scaling of fundamental properties of elementary particles // The European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna. – 2018. – No. 1. – 37 p.

Felix Hovsepiyan,
Ph D., in applied mathematical statistic, Professor,
retired, Sunny Isles Beach, Fl, USA
E-mail: fhovsepiyan@yandex.com

THE UNIVERSE IS ENCODED IN TERMS OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

*Epoch-making discoveries are invariably straightforward
but need a non-trivial and essentially fresh look at old
facts overcoming the established viewpoints and habits,
therefore, require extraordinary talent, and even courage;
in the way of a new idea usually there is a high fence of
old and familiar representations.*

Khurgin Ya. I.

Part I. Unraveling the mysteries of the microcosm

Abstract: A positive definite (PD) function from probability theory is an ideal apparatus for describing the mechanism of quantum mechanics operation. This function is implemented in terms of linear differential equations (DE). This PD function explains the reason for the appearance in the experiments of three particles families, which until now nobody knows. The reason is quite simple – only three types of PD functions can be obtained using the selected apparatus: the author guessed the idea of the Chief Architect. The trajectory of the micro particle motion is represented in the form of a Fourier integral. The discretization of this integral leads to the appearance of waves with weights. The weights indicate the probability of waves occurrence while the oscillation frequency is the energy of the waves. These waves realize themselves revealing the innermost secret of modern physics: there is no corpuscular-wave dualism in the nature. The author reveals the secret of the experiment with two slits. Note that only the nature of the wave – not matter – is probabilistic. Selected apparatus explains why the energy of the wave in the slit experiment allows us to calculate the probability of the particle appearance, and also why each particle has an antiparticle.

Keywords: corpuscular-wave dualism, probability, spectral density, wave energy, appearance, particle, antiparticle

1. Introduction

Well-known physicist, Nobel Prize winner S. Weinberg, one of the founders of quantum mechanics, wrote in his book [5, p. 3], “The century now coming to a close has seen in physics a dazzling expansion of the frontiers of scientific knowledge... In an even more radical break with the past, quantum mechanics has transformed the very language we use to describe nature: in place of particles with definite positions and velocities, we have learned to speak of

wave functions and probabilities.” Further Weinberg concluded [5, p. 85]. “But I admit to some discomfort in working all my life in a theoretical framework that no one fully understands.” It is appropriate to recall of Weinberg’s words if you remember the title of this paper [5, p. 85–88]. “Of even greater interest it seems to me is the question of whether mechanics is necessarily *true*. Quantum mechanics has had phenomenal successes in explaining the properties of particles and molecules, so we know that it is a very

good approximation to the truth. The question then is whether there is some other logically possible theory whose predictions are very close but not quite the same as those of quantum mechanics... One wants to test quantum mechanics itself, and not any particular quantum-mechanical theory like standard model, so to distinguish experimentally between quantum mechanics and its alternatives one must check some very general feature of quantum mechanics that has always seemed somewhat more arbitrary than the others, its *linearity*... A dynamical rule ... is called linear if ... the response of the system to any change in its state is proportional to that change... There are many classical systems that are linear in this sense, but the linearity in classical physics is never exact. Quantum mechanics in contrast is supposed to be exactly linear under all circumstances... *The linearity of quantum mechanics, if only approximate, is a rather good approximation after all* (emphasis added)". The reader can inform Professor Weinberg that the Chief Architect in the design of quantum mechanics did use the language of linear equations.

Quantum mechanics is a conceptual framework for understanding the microscopic properties of the universe. In 1965, Richard Feynman, Nobel Prize winner and one of the greatest practitioners of quantum mechanics wrote in [2, p. 123]. "There was a time when the newspapers said that only twelve men understood the theory of relativity. I do not believe there ever was such a time. There might have been a time when only one man did, because he was the only guy who caught on, before he wrote his paper. But after people read the paper a lot of people understood the theory of relativity in some way or other, certainly more than twelve. On the other hand I think I can safely say that nobody understands quantum mechanics." Although Feynman expressed this view almost 50 years ago, it applies equally well today.

The famous physicist and mathematician B. Greene reported about it in [3, p. 43–44]. "By 1928 or so, mand, ever since, it has been used to make the most precise and successful numeri-

cal predictions in the history of science. But in a real sense those who use quantum mechanics find themselves following rules and formulas laid down by the "founding fathers" of the theory – calculational procedures that are straight forward to carry out – without really understanding why the procedures work or what they really mean. Unlike relativity, few if any people ever grasp quantum mechanics at a "soulful" level."

In this paper the author reveals many secrets of quantum mechanics.

2. Positive definite function

The notion of a positive definite function is borrowed from Bochner's works on the theory of probability theory [1, p. 620].

Definition. A continuous complex-valued function $h(\tau)$ of real variable τ is called positive definite in an interval $-\infty < \tau < \infty$ if for any real numbers $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$, complex numbers $\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n$ and integer n

$$\sum_{k,j=1}^n h(\tau_j - \tau_k) \zeta_j \zeta_k \geq 0.$$

Please take note that in [1] the function $h(\tau)$ is complex, this function is real in our Lemma (this Lemma reader will find in the appendix I). In addition, Bochner used the function $h(\tau)$ in theoretical research of probabilities theory problem. His Theorem and Lemma below include terminology from that theory and so reader should note only the necessary and sufficient conditions for $h(\tau)$ to be positive definite.

Bochner's Lemma. Let $h(\tau)$ be a bounded continuous (real – valued) function that is absolute integrable over $-\infty, \infty$. Define $V(\omega)$ by

$$V(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \exp(-i\omega\tau) d\tau.$$

In order that $h(\tau)$ be a characteristic function it is necessary and sufficient that $h(0) = 1$ and $V(\omega) \geq 0$ for all ω .

Bochner's Theorem. A continuous function $h(\tau)$ is the characteristic function of a probability distribution iff it is positive definite and $h(0) = 1$.

3. Probabilistic microscopic world

We show that the positive definite functions $h_i(\tau)$ and $\bar{h}_i(\tau)$ ($i = 1, 2, 3$), which are given in the Appendix, represent an apparatus for describing the world of micro particles that many physicists have searched for, including Einstein. He once said [4, p. 14]. “You can hardly imagine how hard I tried to find a satisfactory mathematical treatment of quantum theory. So far without success.”

One of the problems of the micro world is the question of what light is: a particle, a wave or its nature is dual. B. Greene wrote in [3, p. 48]. “Everyone knows that water – and hence water waves – are composed of a huge number of water molecules. So is it really surprising that light waves are also composed of a huge number of particles, namely photons? It is. But the surprise is in the details. You see, more than three hundred years ago Newton proclaimed that light consisted of a stream of particles, so the idea is not exactly new. However, some of Newton’s colleagues, most notably the Dutch physicist Christian Huygens, disagreed with him and argued that light is a wave. The debate raged but ultimately experiments carried out by the English physicist Thomas Young in the early 1800s showed that Newton was wrong. A version of Young’s experimental setup – known as the double-slit experiment.” Feynman told about Young’s experiment in [2, p. 124], “I will take just one experiment, which has been designed to contain all of mystery of quantum mechanics, to put you up against the paradoxes and mysteries and peculiarities of nature one hundred per cent. Any other situation in quantum mechanics, in turns out, can always be explained by saying, ‘You remember the case of the experiments with the two holes? It’s the same thing.’ I am going to tell you about the experiment with two holes. I do contain the general mystery; I am avoiding nothing; I am baring nature in her most elegant and difficult form.”

We explain the experiment with slits using the function $h_i(\tau)$ for $i = 1, 2, 3$ from the lemma given in the form

$$h_i(\tau) = 2 \int_0^{\infty} V_i(\omega) \cos \omega \tau d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} V_i(\omega) \cos \omega \tau d\omega, \quad (1)$$

$(i = 1, 2, 3: -\infty < \tau < \infty),$

where $V_i(\omega) \geq 0$ for all ω , and $V_i(\omega) = V_i(-\omega)$.

For $\tau = 0$ we obtain

$$h_i(0) = \int_{-\infty}^{\infty} V_i(\omega) d\omega = 1,$$

ie $V_i(\omega)$ is normalized spectral density.

Note that our world is discrete, and the function $h_i(\tau)$ in (1), with which we want to explain the experiment with slits, is continuous. So the curve $V_i(\omega)$ is discretized – this is the main physical reason for its discretization (there is also a mathematical reason: in to an arbitrary point $\omega = \omega_j$ the probability of the event $p_i(\omega_j)$ under consideration is equal to zero)*. Let us make that curve digital by constructing an interval of length $\hbar\omega_j$ (\hbar is the Planck’s constant) with center in point ω_j and trace two straight lines parallel to the ordinate until they intersect the function $V_i(\omega)$. We will have an infinite number of such curvilinear trapezoids but

$$\sum_{j=1}^{\infty} p_i(\hbar\omega_j) = 1, \quad (i = 1, 2, 3).$$

During the experiment with slits, we have particles. It means that we have chosen the initial condition A_i in the trajectory of the motion of the i -th particle (the derivation of formula (2) is given in the Appendix)

$$\bar{h}_i(\tau) = A_i h_i(\tau) = 2A_i \int_0^{\infty} V_i(\omega) \cos \omega \tau d\omega, \quad (2)$$

more precisely, in the sum

$$A_i \sum_{j=1}^{\infty} p_i(\hbar\omega_j) \cos \omega_j \tau. \quad (3)$$

But simultaneously and at the same time, while imperceptibly for themselves, the sum of a plurality of oscillations $\sum_{j=1}^{\infty} c \cos \omega_j \tau$ with its own probabilities

$p_i(\hbar\omega_j)$, in which the j -th oscillation also has energy $E_{ij} = \hbar\omega_j$ according to Planck. Let us note that this

* For more information see [3, p. 45], ‘Making Lumps at the Turn of the Century’.

wave has everything necessary and sufficient for appearance itself in our physical world and *realizes such possibility*. The experimenters found particles that move along these trajectories, they form three families. Note that neither theoretical physicists nor experimental physicists know the reason for the appearance of exactly three families in experiments. You can read about this in [3, p. 8]. “The matter particles neatly fall into three groups, which are often called families ...”. Why are there three families? Why not one family or four families or any other number? “The reason is very simple: with the selected apparatus you can obtain only three types of PD functions”.

Note, firstly, there are no particles in (3) since the differential equation gives only the trajectory of

motion (by the way, this is the answer to the question “wave of what? [3, p. 51]”). Secondly, the number of particles in our hands is limited while the number of trajectories (or harmonic waves) in (3) is not limited. Thirdly, as already noted, trajectories (waves) realized themselves in our physical world. Therefore, in an experiment with two slits we get different answers when one slit is open or both together. When one slit is open, the particles pass through it along with other waves without particles. Therefore, in the experience we obtain that the particles somehow distributed since waves without particles can not influence the particles distribution (can not influence on the final result).

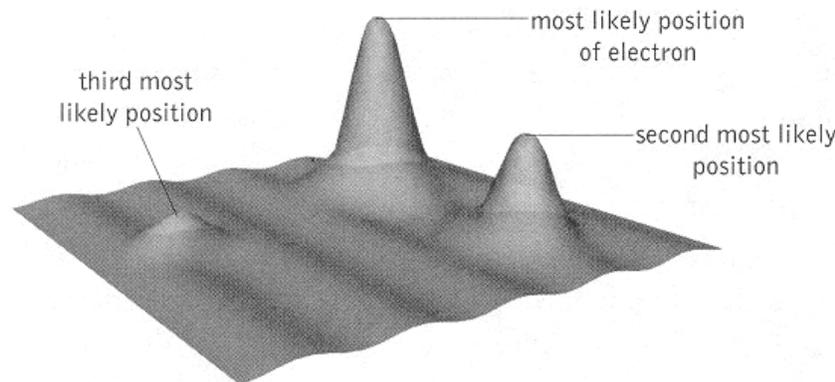


Figure 1.

When two slits are open, the waves have a choice that leads to interference – the waves with the particles mix with the waves without particles – and we get the picture given above, which is borrowed from [3]. Thus, an illusion is created that a characteristic feature of the microcosm is some kind of duality, corpuscular-wave dualism.

The reader sees there is no dualism here; there is an erroneous interpretation of a very unusual situation that takes place in the microcosm – self-realization of the wave.

The author hopes that the reader understood the reasons that led to the unexplained phenomena of interference and the emergence of the concept of corpuscular-wave dualism in modern physics. Since the result obtained is important for science,

let us once again list the reasons that led to this error.

The first reason – the microcosm is coded in terms of PD functions, which we obtain from the solutions of linear differential equations and which give the trajectories of particle motion, but the particles themselves are missing in these trajectories.

The second reason – PD functions lead to three different types of spectral density, which in their structure differ little from each other.

The third reason – the spectral density of each type corresponds to a certain family of particles.

There is one more reason (the fourth), which is not only very important, it is very unusual. We have the following picture in science – the body moves through space, and we try to describe this motion

mathematically. In quantum mechanics, we have just the opposite picture – we have an infinite number of waves without particles – these are the trajectories of the motion of those particles that are not in our hands. There was nothing of the kind in science yet.

Each of these reasons alone is quite complicated and together they created confusion. Therefore hardly surprising when Feynman wrote in [2] that “nobody understands quantum mechanics.” Now, however, this Feynman’s pronouncement is no longer relevant.

For the same reason Greene’s pronouncement in [3, p. 44], “The only thing we know with certainty is that quantum mechanics absolutely and unequivocally shows us that a number of basic concepts essential to our understanding of the familiar everyday world fail to have any meaning when our focus narrows to the microscopic realm” is also no longer relevant. To understand and explain the universe at the atomic and subatomic levels, we must not significantly change our language or the logic of reasoning, as suggested by Prof. Greene. We found out that the microcosm is encoded in the terms of linear DE, whose solutions allow us to obtain PD functions. The emergence of the concept of corpuscular-wave dualism is associated with a very unusual situation that takes place in the micro world – the harmonic wave itself realizes in our physical world. There are two reasons for this phenomenon. The first reason is the weight of the wave, which simultaneously determines the probability of its appearance. The second reason is the frequency of the oscillation of the wave itself, which according to Planck is its energy. Such a wave has everything necessary and sufficient for its self-realization – non-zero probability and energy, which it uses.

Now, as we all know already, we can only talk about the probability of trajectories, some of which have particles. Therefore, it becomes clear when Bohr asserted that an electron wave must be interpreted from the standpoint of probability. Places where the magnitude of the wave is large are places where the electron is more likely to be found. Places

where the magnitude is small are places where the electron is less likely to be found (that is written in the picture above).

• ***The mystery of the corpuscular-wave dualism is revealed***

In $h_i(\tau) = A_i \bar{h}_i(\tau)$ the coefficient A_i can be either positive or negative. That is why every particle in physics has an antiparticle. You can read about it in [3, p. 8]. “Each of these particles has an antiparticle partner – a particle of identical mass but opposite in certain other respects such as its electric charge ... For instance, the antiparticle of an electron is called a positron – it has exactly the same mass as an electron, but its electric charge is +1 whereas the electric charge of the electron is –1. When in contact, matter and antimatter can annihilate one another to produce pure energy – that’s why there is extremely little naturally occurring antimatter in the world around us”.

• ***The mystery of particles and antiparticles is revealed***

We now consider the calculations in quantum mechanics. As it is known, all the calculations in quantum mechanics are extremely accurate, but why assume so, and not something else, no one knows. The experimental results are unexpected, to calculate the probability on the picture above, it is necessary to calculate the energy of the wave. Feynman wrote about these experiments [2, p. 131]. “That is the phenomenon of nature, that she produces the curve which is the same as you would get for the interference of waves. She produces this curve for what? Not for energy in a wave but for the probability ...”

The author considers why this pattern is similar to the interference pattern of the waves or why mathematical tool in both cases is the same. This is interesting, because in the case of harmonic waves are dealing with probabilities, and in the case of the sea waves, we have to deal with the intensity of the wave, i.e. with the energy of the waves. Note that the function $V_i(\omega)$ with increasing values of the argument ω decreases quite rapidly. Really, as follows from our Lemma, the numerator of the function $V_i(\omega)$ is const

while the denominator depends on ω in the fourth degree. This means, on the one hand, that quite rapidly decreasing the probability $p_i(\hbar\omega_j)$ appearance of a wave $\cos\omega_j\tau$ with increasing j . On the other hand, the quite rapidly increasing energy $E_{ij} = \hbar\omega_j$ of wave with increasing j . Therefore, some may assume that energy of harmonic function and the probability of its occurrence are inversely proportional to each other. This, in turn, makes it possible to replace energy on the probability, which explains the applicability of mathematics.

• **The mystery of the mathematical apparatus that replaces the definition of the probability of the**

Appendix I

Lemma. Assume that we have a constant factor differential equation whose particular solution $y_i(t)$ is Liapunov asymptotically stable and is defined by:

a) a pair of complex conjugate roots $-\chi \pm i\lambda$ when $i = 1$,

b) a pair of different real roots $\rho_1 = -1, \rho_2 = -\chi_2$ when $i = 2$,

c) one real root double multiplicity $\rho_1 = \rho_2 = -\chi$ when $i = 3$

with initial conditions

$$y_i(t)|_{t=0} = 1, \quad \left. \frac{dy_i(t)}{dt} \right|_{t=0} = 0.$$

Then the function $h_i(\tau)$ identically equal to $y_i(t)$ with $t > 0$ and evenly extended $y_i(t)$ to $t < 0$, is positive definite with all $i = 1, 2, 3$.

Proof. Let us take up solutions $y_i(t)$ with various values of i :

1. With $i = 1$ the solution $y_1(t)$ is defined by complex-conjugated roots $\rho_{1,2} = -\chi \pm i\lambda$:

$$y_1(t) = (A_1 \cos \lambda t + B_1 \sin \lambda t) \exp(-\chi t). \quad (\chi > 0, \lambda > 0)$$

For the initial conditions specified in the theorem we have:

$$y_1(t) = (\cos \lambda t + \frac{\chi}{\lambda} \sin \lambda t) \exp(-\chi t)$$

Reflect this $y_1(t)$ mirror-like to the axis $t < 0$ and denote $y_1^*(t) = y_1(-t)$. We will obtain function

appearance of a particle in an experiment with slits, calculation of the energy of a wave is revealed.

4. Conclusion

Mysteries of quantum mechanics, which it kept hidden from researchers for decades, fell under the pressure of positive definite functions.

1. There is no corpuscular-wave dualism in nature.
2. The nature of the wave is probabilistic, but not of matter.

3. Why the calculation of the wave energy determines the probability of the appearance of a particle in Young's experiment with slits.

4. Why each particle has an antiparticle.

$$h_1(t) \equiv y_1(t) \text{ with } t > 0, \quad h_1(t) \equiv y_1^*(t) \text{ with } t < 0.$$

A Fourier transform of the even function $h_1(\tau)$ is equal to

$$\begin{aligned} V_1(i\omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\tau) \exp(-i\omega\tau) d\tau = \\ &= \frac{1}{2\pi} \left[\int_{-\infty}^0 y_1^*(t) \exp(-i\omega t) dt + \int_0^{\infty} y_1(t) \exp(-i\omega t) dt \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\infty} y_1^*(-s) \exp(i\omega s) ds + \int_0^{\infty} y_1(t) \exp(-i\omega t) dt \right] = \\ &= \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\infty} y_1(t) \exp(i\omega t) dt + \int_0^{\infty} y_1(t) \exp(-i\omega t) dt \right]. \end{aligned}$$

Note that the integrals in $V_1(i\omega)$ are different in the multiplier $\exp(\pm i\omega t)$ and so their sum is real-valued function. It possible to present the Fourier transform of the function $h_1(\tau)$ in the form

$$\begin{aligned} V_1(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\tau) \exp(-i\omega\tau) d\tau = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} y_1(t) \cos \omega t dt = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (c \cos \lambda t + \frac{\chi}{\lambda} \sin \lambda t) \exp(-\chi t) \cos \omega t dt. \end{aligned}$$

To compute $V_1(\omega)$ let us use the integrals (A. 1) and (A. 2) from the Appendix II while assuming that $\alpha = \chi, \beta = \lambda$:

$$V_1(\omega) = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{\chi(\chi^2 + \lambda^2 + \omega^2)}{[\chi^2 + (\lambda + \omega)^2][\chi^2 + (\lambda - \omega)^2]} + \frac{\chi}{\lambda} \frac{\lambda(\chi^2 + \lambda^2) - \lambda\omega^2}{[\chi^2 + (\lambda + \omega)^2][\chi^2 + (\lambda - \omega)^2]} \right\} = \frac{2\chi(\chi^2 + \lambda^2)}{\pi[\chi^2 + (\lambda + \omega)^2][\chi^2 + (\lambda - \omega)^2]} \geq 0$$

for all $-\infty < \omega < \infty$.

2. With $i = 2$ the solution $y_2(t)$ is dictated by two different real roots $\rho_1 = -\chi_1$ and $\rho_2 = -\chi_2$. We write the solution in the form

$$y_2(t) = \frac{\chi_2}{\chi_2 - \chi_1} [A_2 \exp(-\chi_1 t) + B_2 \exp(-\chi_2 t)]$$

when the coefficients A_2 and B_2 have a common factor. Given the initial conditions we obtain

$$y_2(t) = \frac{\chi_2}{(\chi_2 - \chi_1)} \left[\exp(-\chi_1 t) - \frac{\chi_1}{\chi_2} \exp(-\chi_2 t) \right].$$

In this case, too, an even function $h_2(t)$ may be obtained in the form

$h_2(t) = y_2(t)$ with $t > 0$, $h_2(t) = y_2(-t) = y_2^*(t)$ with $t < 0$, with a Fourier transform

$$V_2(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} y_2(t) \cos \omega t dt =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\chi_2}{\chi_2 - \chi_1} \left[\exp(-\chi_1 t) - \frac{\chi_1}{\chi_2} \exp(-\chi_2 t) \right] \cos \omega t dt.$$

To compute $V_2(\omega)$ use formula (A.1) from the Appendix II with $\alpha = \chi_1$, $\beta = 0$ for the first integral and $\alpha = \chi_2$, $\beta = 0$ for the second integral. As a consequence we have

$$V_2(\omega) = \frac{1}{\pi} \frac{\chi_2}{(\chi_2 - \chi_1)} \left\{ \frac{\chi_1}{\chi_1^2 + \omega^2} - \frac{\chi_1}{\chi_2} \frac{\chi_2}{\chi_2^2 + \omega^2} \right\} = \frac{\chi_2}{\pi(\chi_2 - \chi_1)} \frac{\chi_1(\chi_2^2 + \omega^2) - \chi_1(\chi_1^2 + \omega^2)}{\pi(\chi_1^2 + \omega^2)(\chi_2^2 + \omega^2)} = \frac{\chi_1 \chi_2 (\chi_1 + \chi_2)}{\pi(\chi_1^2 + \omega^2)(\chi_2^2 + \omega^2)} \geq 0$$

for all $-\infty < \omega < \infty$.

3. With $i = 3$ the solution $y_3(t)$ is dictated by one real double multiplicity root $\rho_1 = \rho_2 = -\chi$ or

$$y_3(t) = A_3 \exp(-\chi t) + B_3 t \exp(-\chi t),$$

that in light of initial conditions may be represented as

$$y_3(t) = \exp(-\chi t) + \chi t \exp(-\chi t).$$

In this light too an even function $h_3(t)$ may be plotted in line with the above rule. A Fourier transform of the function $h_3(t)$ is equal to

$$V_3(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} h_3(t) \exp(-i\omega t) dt =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \exp(-\chi t) \cos \omega t dt + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \chi t \exp(-\chi t) \cos \omega t dt.$$

To compute $V_3(i\omega)$, use formula (A. 1) from the Appendix II for the first integral with $\alpha = \chi$ and $\beta = 0$ and formula (A. 4) for the second integral with $\alpha = \chi$:

$$V_3(\omega) = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{\chi}{\chi^2 + \omega^2} + \frac{\chi(\chi^2 - \omega^2)}{(\chi^2 + \omega^2)^2} \right\} = \frac{\chi(\chi^2 + \omega^2) + \chi(\chi^2 - \omega^2)}{\pi(\chi^2 + \omega^2)^2} = \frac{2\chi^3}{\pi(\chi^2 + \omega^2)^2} \geq 0$$

for all $-\infty < \omega < \infty$.

Because $h_i(\tau)$ is a continuous function and

$$\int_{-\infty}^{\infty} |h_i(\tau)| d\tau < \infty,$$

$h_i(\tau)$, is known to be represented as a Fourier integral

$$h_i(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(i\omega\tau) V_i(\omega) d\omega = 2 \int_0^{\infty} \cos \omega\tau V_i(\omega) d\omega.$$

In line with the Bochner Theorem the function $h_i(\tau)$ is positive definite for all $i = 1, 2, 3$.

This proves the Lemma.

Appendix II

Assertion 1. If $\alpha > 0$, then

$$\int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \cos \beta t \cos \omega t dt = \frac{\alpha[\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2]}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]}, \quad (\text{A. 1})$$

$$\int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \beta t \cos \omega t dt = \frac{\beta(\alpha^2 + \beta^2) - \beta\omega^2}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]}. \quad (\text{A. 2})$$

Proof. Calculate the integral

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\infty} \exp[-\alpha t + i(\beta \pm \omega)t] dt = \\
& = \frac{1}{-\alpha + i(\beta \pm \omega)} \int_0^{\infty} d\{\exp[-\alpha t + i(\beta \pm \omega)t]\} = \quad (A. 3) \\
& = -\frac{1}{-\alpha + i(\beta \pm \omega)} = \frac{\alpha + i(\beta \pm \omega)}{\alpha^2 + (\beta \pm \omega)^2}.
\end{aligned}$$

Now note that the integrals in assertion 1 are easily calculated using (A. 3).

First integral (A. 1):

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \cos \beta t \cos \omega t dt = \\
& = \frac{1}{2} \operatorname{Re} \left\{ \int_0^{\infty} [\exp(-\alpha t + i\beta t)] [\exp(i\omega t) + \exp(-i\omega t)] dt \right\} = \\
& = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\beta + \omega)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\beta - \omega)^2} \right\} = \\
& = \frac{\alpha[\alpha^2 + \beta^2 + \omega^2]}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]}.
\end{aligned}$$

Second integral (A. 2):

$$\begin{aligned}
& \int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \beta t \cos \omega t dt = \\
& = \frac{1}{2} \operatorname{Im} \left\{ \int_0^{\infty} [\exp(-\alpha t + i\beta t)] [\exp(i\omega t) + \exp(-i\omega t)] dt \right\} = \\
& = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\beta + \omega}{\alpha^2 + (\beta + \omega)^2} + \frac{\beta - \omega}{\alpha^2 + (\beta - \omega)^2} \right\} = \\
& = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\beta + \omega)[\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{(\beta - \omega)[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2]}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]} \right\} = \\
& = \frac{(\beta + \omega)(\alpha^2 + \beta^2 - 2\beta\omega + \omega^2) + (\beta - \omega)(\alpha^2 + \beta^2 + 2\beta\omega + \omega^2)}{2[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]} = \\
& = \frac{\beta(\alpha^2 + \beta^2) - \beta\omega^2}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]}.
\end{aligned}$$

This proves Assertion 1.

Assertion 2. If $a > 0$, then

$$\int_0^{\infty} t \exp(-\alpha t) \cos \omega t dt = \frac{\alpha^2 - \omega^2}{(\alpha^2 + \omega^2)^2}. \quad (A. 4)$$

Proof. This integral is easily calculated by noting that

$$\int_0^{\infty} t \exp(-\alpha t) \cos \omega t dt = \int_0^{\infty} \frac{\partial}{\partial \omega} \exp(-\alpha t) \sin \omega t dt.$$

Integral $\int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \omega t dt$ can be obtained from

(A. 2), assuming $\omega = 0$, i.e.

$$\int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \beta t \cos \omega t dt = \frac{\beta(\alpha^2 + \beta^2) - \beta\omega^2}{[\alpha^2 + (\beta + \omega)^2][\alpha^2 + (\beta - \omega)^2]} \Big|_{\omega=0}$$

$$\rightarrow \int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \beta t dt = \frac{\beta(\alpha^2 + \beta^2)}{[\alpha^2 + \beta^2][\alpha^2 + \beta^2]} = \frac{\beta}{(\alpha^2 + \beta^2)},$$

and then assuming $\beta = \omega$ in the above integral in the function $\sin \beta t$:

$$\int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \omega t dt = \frac{\omega}{(\alpha^2 + \omega^2)}.$$

Consequently, we can use the value of this integral in the theorem of differentiation over the parameter:

$$\int_0^{\infty} t \exp(-\alpha t) \cos \omega t dt = \int_0^{\infty} \frac{\partial}{\partial \omega} \exp(-\alpha t) \sin \omega t dt =$$

$$= \frac{d}{d\omega} \left\{ \int_0^{\infty} \exp(-\alpha t) \sin \omega t dt \right\} = \frac{d}{d\omega} \left(\frac{\omega}{\alpha^2 + \omega^2} \right) =$$

$$= \frac{\alpha^2 + \omega^2 - 2\omega^2}{(\alpha^2 + \omega^2)^2} = \frac{\alpha^2 - \omega^2}{(\alpha^2 + \omega^2)^2}.$$

This proves Assertion 2.

References:

1. Feller W. An Introduction to Probability Theory and its Applications, – vol. II. John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, – 1971.
2. Feynman R. The Character of Physical Law. The Modern Library, N-Y, – 1994.
3. Greene B. The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. Vintage Books, N-Y, – 1999. ISBN5–354–00167–7.
4. Parker B. Einstein's Dream. Plenum press, New York and London, – 1986. ISBN0–306–42343-X.
5. Weinberg S. Dreams of a Final Theory. Pantheons books, New York, – 1992.

Contents

Section 1. Biology	3
<i>Novruzov Eldar Novruz, Miryusifova Churaman Mirgasan, Mustafayeva Latafat Ahad, Zeynalova Aydan Mirza, Mamedov Zakir Guseyn</i> FEATURES OF THE EFFECT OF SAFFRON EXTRACT ON COHERENT COMMUNICATIONS STRUCTURES VISUAL BRAIN SYSTEM.....	3
<i>Eshkuvatov Abriy Kazimovich, Qo'shiev Habibjon Hojiboboevich</i> INFLUENCE OF SOWING TERM AND NORMS ON WINTER CROP CAPACITY.....	8
Section 2. Biotechnology	12
<i>Bekirova Mariiam Mambetovna, Enkov Evgeny Ustinovich, Iaremenko Elena Alexandrovna</i> BIOMEDICAL ENGINEERING SOFTWARE.....	12
Section 3. Mechanics	17
<i>Sergey Eliseev, Alexey Orlenko, Andrey Eliseev</i> LEVER ELEMENT IN THE STRUCTURE OF THE OSCILLATORY SYSTEM: STRUCTURAL INTERPRETATION.....	17
<i>Neutov Stepan, Sidorchuk Marina, Boyadzhi Andrei</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF STRENGTH OF CONCRETE AND FIBER- REINFORCED CONCRETE IN TIME.....	24
<i>Suryaninov Nikolai Georgievich, Balduk Pavel Georgievich, Makovkina Tatiana Sergeevna</i> FUNDAMENTAL SOLUTIONS OF THE PROBLEM ON ORTOTROPIC PLATES VIBRATIONS.....	29
Section 4. Technical science	33
<i>Abbasova Samira Vagif</i> METHODOLOGICAL BASIS FOR ESTIMATING THE FILTRATION AND CAPACITANCE PROPERTIES OF THE PRODUCTIVE HORIZON WHEN IT IS OPERATED BY HORIZONTAL WELLS.....	33
<i>Dadash-zade Mirza Ali, Aliyev Inqlab Namiq</i> THE ACCOUNT OF A STAGNANT ZONE FOR DEFINITION OF PERMEABILITY IN GAS LAYERS.....	37
<i>Alosmanov Mirali Seyfaddin oglu, Ibrahimova Sinduz Mamed qizi, Atayev Matlab Sixbala oglu, Mammadova Gulnura Mustafa qizi, Geraybeyli Samira Aslan qizi</i> TECHNOLOGY FOR COMPLEX PROCESSING OF WASTE OIL MINING INDUSTRY.....	42
<i>Davidovsky Anatoly Grigorievich</i> MATHEMATICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF THE COSMO-HELIO-GEOPHYSICAL FACTORS ON ENERGY INFRASTRUCTURES SAFETY.....	47

<i>Iaremenko Nadiia Oleksandrivna, Iaremenko Olena Oleksandrivna, Tvardovsky Igor Oleksandrovich</i>	
ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY IN CONSTRUCTION	52
Section 5. Transport.	56
<i>Morchadze Tamazi Shotaevich, Rusadze Nunu Enukievna, Rusadze Paata Tamazovic</i>	
APPLICABILITY OF INERTIOID IN NON-TRADITIONAL VEHICLE.....	56
<i>Rusadze Nunu Enukievna, Morchadze Tamazi Shotaevich, Rusadze Paata Tamazovic</i>	
THEORY OF ROLLING MOVEMENT OF MOBILE WHEELED VEHICLE EQUIPPED WITH INERTIOID	61
Section 6. Physics	66
<i>Barykinsky Gennady Mikhailovich</i>	
PHYSICAL LIMITS OF ELEMENTARY MATTER IN THE UNIVERSE.....	66
<i>Felix Hovsepian</i>	
THE UNIVERSE IS ENCODED IN TERMS OF LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS.....	71